

(11)特許出願公開番号

特開2001-273613

(P2001-273613A)

(43)公開日 平成13年10月5日(2001.10.5)

(51) Int.Cl.?

識別記号

FI

テマコト\* (参考)

G 1 1 B 5/39

G 1 1 B 5/39

5 D 0 3 4

H01F 10/26

H01F 10/26

5 E 0 4 9

H01L 43/08

H01L 43/08

7

審査請求 有 請求項の数16 OL (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2000-90715(P2000-90715)

(22)出願日 平成12年3月27日(2000.3.27)

(出願人による申告) 国等の委託研究の成果に係る特許  
出願(平成11年度新エネルギー・産業技術総合開発機構  
(再) 委託研究、産業活力再生特別措置法第30条の適用  
を受けるもの)

(71)出國人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 荒井 礼子

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 川戸 良昭

東京都国分寺市東荏ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 100068504

弁理士 小川 勝男 (外1名)

**最終頁に続く**

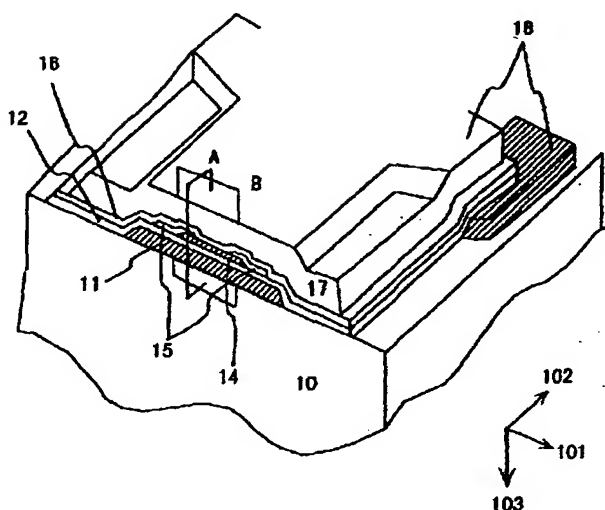
(54) 【発明の名称】 磁気ヘッド、及びこれを用いた磁気記録再生装置

(57) 【要約】

【課題】 本願発明は、トンネル磁気抵抗効果膜を用いた磁気抵抗効果センサにおいて、バルクハウゼンノイズを抑制し、安定性のある磁気抵抗効果センサ及びこれを用いた再生ヘッド、並びに磁気記録再生装置を提供するものである。

【解決手段】 本願発明は、トンネル磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜厚方向に電流を流すための一対の電極と、記録媒体面からの磁束を前記磁気抵抗効果膜に導くための磁束ガイドを備えた磁気抵抗効果センサにおいて、前記トンネル型磁気抵抗効果膜の自由層及び前記磁束ガイド双方の磁区を併せ制御されてなることを特徴とする磁気抵抗効果センサである。

图 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜厚方向に電流を流すための一対の電極と、記録媒体面からの磁束を前記磁気抵抗効果膜に導くための磁束ガイドを有し、前記磁気抵抗効果膜は強磁性層を含む自由層と、トンネル障壁層と、強磁性層を含む固定層と、前記固定層の磁化を固定する反強磁性層とを備えたトンネル型磁気抵抗効果膜であり、且つ前記トンネル型磁気抵抗効果膜の自由層及び前記磁束ガイド双方の磁区を併せ制御可能な磁気抵抗効果センサを有することを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項2】磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜厚方向に電流を流すための一対の電極と、記録媒体面からの磁束を前記磁気抵抗効果膜に導くための磁束ガイドを有し、前記磁気抵抗効果膜は強磁性層を含む自由層と、トンネル障壁層と、強磁性層を含む固定層と、前記固定層の磁化を固定する反強磁性層とを備えたトンネル型磁気抵抗効果膜であって、前記磁気抵抗効果膜の自由層にバイアス磁界を印加するための磁区制御層と、前記磁束ガイドにバイアス磁界を印加するための磁区制御層が同一平面内に形成されている磁気抵抗効果センサを有することを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項3】請求項2に記載の磁気抵抗効果センサにおいて、前記磁気抵抗効果膜が媒体面に露出しない位置に形成され、媒体面からとその対向面に伸びている前記磁束ガイドに接し、前記磁気抵抗効果膜と磁束ガイドのトラック幅方向の両端部に磁区制御層が形成されている磁気抵抗効果センサを有することを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項4】請求項1から3のいずれかに記載の磁気抵抗効果センサにおいて、前記磁束ガイドと前期磁気抵抗効果膜の自由層との間に中間層が配置されており、前記磁束ガイドと前記自由層とが中間層を介して磁氣的に結合されている磁気抵抗効果センサを有することを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項5】磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜厚方向に電流を流すための一対の電極と、記録媒体面からの磁束を前記磁気抵抗効果膜に導くための磁束ガイドを有し、前記磁気抵抗効果膜は強磁性層を含む自由層と、トンネル障壁層と、強磁性層を含む固定層と、前記固定層の磁化を固定する反強磁性層とを備えたトンネル型磁気抵抗効果膜であって、前記磁気抵抗効果膜が媒体面に露出しない位置に形成され、媒体面からとその対向面に伸びている前記磁束ガイドに接し、前記磁束ガイドにバイアス磁界を印加するための磁区制御層が積層されており、前記磁束ガイドを磁区制御することによって前記自由層も同時に磁区制御可能な磁気抵抗効果センサを有することを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項6】請求項5に記載の磁気抵抗効果センサにおいて、前記磁束ガイドと磁気抵抗効果膜とが中間層を介

して磁氣的に結合している磁気抵抗効果センサを有することを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項7】請求項5あるいは6のいずれかに記載の磁気抵抗効果センサにおいて、前記磁束ガイドと磁区制御層とが中間層を介して積層されている磁気抵抗効果センサを有することを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項8】請求項1より7のいずれかに記載の磁気ヘッドにおいて、前記磁束ガイドが前記磁気抵抗効果膜の媒体面側から対向面側とに分離されて配されたことを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項9】請求項1より7のいずれかに記載の磁気ヘッドにおいて、前記磁束ガイドが前記磁気抵抗効果膜の媒体面側から対向面側とに連続してされて配されたことを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項10】磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜厚方向に電流を流すための一対の電極と、記録媒体面からの磁束を前記磁気抵抗効果膜に導くための磁束ガイドを有し、前記磁気抵抗効果膜は強磁性層を含む自由層と、トンネル障壁層と、強磁性層を含む固定層と、前記固定層の磁化を固定する反強磁性層とを備えたトンネル型磁気抵抗効果膜であり、且つ前記トンネル型磁気抵抗効果膜の自由層及び前記磁束ガイド双方の磁区を併せ制御可能な磁気ヘッドを有することを特徴とする磁気記録再生装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本願発明は磁気ヘッド及び磁気記録再生装置に関するものである。わけても、本願発明はトンネル磁気抵抗効果型磁気ヘッド及びこれを用いた磁気記録再生装置に関するものである。本願発明の磁気記録再生装置は電子計算機及び情報処理装置に用いて有用である。

## 【0002】

【従来の技術】磁気記録の高密度化に伴い、高感度な再生用磁気ヘッドが求められている。こうした用途に、現在その再生ヘッドとして異方性磁気抵抗（AMR）効果を利用した磁気抵抗効果型磁気ヘッド（MRヘッド）が用いられている。このMRヘッドの感磁部の材料にはNiFeが用いられている。この材料の磁気抵抗変化率は約2%で、実現可能な記録密度は数Gb/in<sup>2</sup>である。さらに、最近では巨大磁気抵抗（GMR）効果を利用したスピナルブ型磁気ヘッド（GMRヘッド）も製品に用いられ始めた。このGMRヘッドは、2つの強磁性層で非磁性金属層を挟んだ構造を有している。この構造では一方の強磁性層の磁化を固定させて2つの強磁性層の磁化方向のなす角度によって高い磁気抵抗変化率が得られる。GMRヘッドの抵抗変化率は約4～5%で、数十Gb/in<sup>2</sup>クラスの記録も可能となった。しかし、今後更に記録密度を向上させるには、より大きな磁気抵抗変化率を有する磁気ヘッドが必要となる。

【0003】このような高い磁気抵抗変化率を有する磁気抵抗効果センサとして、2つの強磁性層の間にトンネル障壁層が挟まれたトンネル磁気抵抗効果膜を用いた磁気抵抗効果膜（TMR）が注目されている。このトンネル磁気抵抗効果膜を用いた磁気抵抗効果膜は高密度記録を実現する上で好適と目されている。このTMRではF<sub>o</sub>膜の間にA<sub>1</sub>酸化膜が挟まれた構造で、室温で約18%の大きな抵抗変化率が得られたと報告されている。この報告としては、例えば、ジャーナル オヴ マグネティズム アンド マグネティック マテリアルズ（第139巻、231頁、1995年）を挙げることが出来る。また、特開平4-103014号公報には、一方の強磁性層に反強磁性層を接して強磁性層の磁化方向を固定させた、スピナルブタイプのTMRを開示している。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】本願発明の目的は、トンネル磁気抵抗効果膜を用いた磁気抵抗効果センサにおいて、バルクハウゼンノイズを抑制し、安定性のある磁気抵抗効果センサを提供することにある。以下、その背景を説明する。

【0005】TMRの場合、従来知られている磁気抵抗効果素子が磁性膜の膜面内方向に電流を流すのに対して、膜厚方向に電流を流す構成を有している。この構成の実現には、従来とは異なる磁気ヘッド構造が必要になると考えられる。その反面TMRは、磁気的には、従来開発されているスピナルブ構造と類似した2つの強磁性層を有しており、これらの強磁性層の磁気的制御は当然必要とされる。さらに、膜厚方向に電流が流れるために、素子の大きさで素子抵抗が決定されてしまう。

【0006】例えば、従来の磁気抵抗効果素子と同様のハードバイアス構造では、磁区制御のための硬磁性膜を素子の周囲に配置する。この為、TMRでこの構造を用いた場合には、硬磁性膜に電流がリークしてしまい、TMRの感磁部に正確に電流を印加することが難しくなる。また、TMRの感磁部には極薄のトンネル障壁層が露出する事になる。従って、対向面の加工において2つの強磁性層との短絡を防ぐために、極めて困難な加工技術が要求される。さらに、トラック幅が0.5 $\mu$ m程度になると、素子の抵抗は数100 $\Omega$ ～数k $\Omega$ と桁違いに大きくなってしまう。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】前述した従来の諸問題を解決するためには、従来の対向面に露出した構造ではなく、対向面から引っ込めた構造とする事が有効である。しかしながらその場合、TMRの感磁部の強磁性層に加えて、TMRに媒体対向面から磁束を導くための磁束ガイドの磁気的制御も当然必要となってくる。本願発明はこの問題を併せて解決するものである。

【0008】本願発明の第1の形態で、基本となる形態は、磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜厚方向

に電流を流すための一対の電極と、記録媒体面からの磁束を前記磁気抵抗効果膜に導くための磁束ガイドを有し、前記磁気抵抗効果膜は強磁性層を含む自由層と、トンネル障壁層と、強磁性層を含む固定層と、前記固定層の磁化を固定する反強磁性層とを備えたトンネル型磁気抵抗効果膜であり、且つ前記トンネル型磁気抵抗効果膜の自由層及び前記磁束ガイド双方の磁区を併せ制御が可能な磁気抵抗効果センサを有することを特徴とする磁気ヘッドである。

【0009】本願発明の代表例は、前記トンネル磁気抵抗効果膜の自由層及び前記磁束ガイドの磁区を制御するために、前記自由層及び前記磁束ガイドにバイアスをかけるための磁区制御層を同一平面内に備えた形態である。

【0010】本願発明の別な例は、磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜厚方向に電流を流すための一対の電極と、記録媒体面からの磁束を前記磁気抵抗効果膜に導くための磁束ガイドを備えた磁気抵抗効果センサにおいて、前記磁気抵抗効果膜は強磁性層を含む自由層と、トンネル障壁層と、強磁性層を含む固定層と、前記固定層の磁化を固定する反強磁性層とを備えたトンネル型磁気抵抗効果膜であって、前記磁気抵抗効果膜が媒体面に露出しない位置に形成され、媒体面からとその対向面に伸びている前記磁束ガイドに接し、前記磁束ガイドにバイアス磁界を印加するための磁区制御層が積層されており、前記磁束ガイドを磁区制御することによって前記自由層も同時に磁区制御が可能な磁気抵抗効果センサを有することを特徴とする磁気ヘッドである。

#### 【0011】

【発明の実施の形態】実施の諸形態を説明するに先だって、本願発明の主な諸形態の概要を列挙する。

【0012】本願発明の第1の形態で、基本となる形態は前述した。

【0013】磁気抵抗効果センサの構成には、磁束ガイドの磁区制御を行う方法に大きく分けて2つの方法に大別される。それらは、いわゆるハード・バイアス構造と積層構造とである。しかし、本願発明がいずれの構造の磁気抵抗効果センサの場合にも適用出来ることは言うまでもない。

【0014】本願発明の前提となるこれらの構造はこれまで知られたものであるが、簡潔にそれらの特徴を説明する。ハード・バイアス構造では、当該磁束ガイドの両端に磁区制御層を配置する方法、いわゆる磁束ガイド（ヨーク：yoke）と磁区制御層とが同じ面内に配置されている。この場合の磁区制御層は高抵抗を有する材料で構成される。従って、電流は所定の限られた領域にのみ流れる、即ち、所定のトンネル型磁気抵抗効果膜のみの領域に流れることとなる。他方、積層構造では、磁束ガイドと磁区制御層とが積層されている。この場合、磁束ガイドに磁区制御層を直接積層する方法、ある

いは磁束ガイドに磁区制御層を中間層を介して積層する方法などがある。直接積層する場合、磁束ガイドと磁区制御層とが強磁性的に層間結合して、磁化の方向が平行に向いている。更に、磁束ガイドに磁区制御層を中間層を介して積層する場合、その中間層の設け方によって、2つの状態に分けられる。その第1は、磁束ガイドと磁区制御層とが強磁性的に層間結合して、磁化の方向が平行に向いている場合である。この構造は前記の積層型と類似するものである。あるいは、前記の積層型の一変形と言うことが出来る。第2は磁束ガイドと磁区制御層との端部で静磁結合している場合である。従って、この場合には、磁束ガイドと磁区制御層との各々の面内磁化の方向は反平行となっている。このように、前記積層構造の第1と第2の形態では、磁束ガイドと磁区制御層との磁化の方向の決定のされ方が異なっている。

【0015】本願発明の骨子は、これらの諸構造によらず、磁束ガイドの磁区を制御することと、磁気抵抗効果膜の自由層をも併せて磁区制御を行う点にある。以下、その概念を説明する。

【0016】図12は上述の各種形態を説明する概念図であり、磁束ガイドと磁区制御層の配置の諸例を示す断面を示している。断面は磁気抵抗素子の幅方向の断面である。図12は3つの代表的な形態の概念を示している。図12の(a)は磁束ガイドの両端に磁区制御層を配置する方法である。いわゆる磁束ガイド100の磁区制御層101とが同じ面内に配置されている。図12の(b)は磁束ガイド100と磁区制御層101とが積層されている例である。この場合、極めて薄い中間層を磁束ガイド100と磁区制御層101との間に挿入する場合もある。これらの例では、上述のように磁束ガイドと磁区制御層とが強磁性的に層間結合して、双方の磁化の方向104、105とが平行に向いている。一方、図12の(c)は磁束ガイド100と中間層108、磁区制御層101とが積層された例である。磁束ガイドと磁区制御層との端部102、103で静磁結合している場合である。この場合には、磁束ガイドと磁区制御層との各々の面内磁化の方向106、107は反平行となっている。

【0017】一方、図13はTMRの磁区制御の骨子を説明するための断面図である。これらの関係においても、磁束ガイド100とTMR膜110とが直接積層されている場合(図13の(a))と、これらの間に中間層111が挿入されている場合(図13の(b))がある。しかし、いずれの場合も磁束ガイド100とTMR膜110との磁気的結合が存在する。従って、磁束ガイド100の磁区を制御することで、TMR膜中の自由層の磁区が制御される。こうして本願発明では、磁束ガイドの磁区をその磁区制御膜によって制御することで、TMR膜中の自由層の磁区が併せて制御される。

【0018】以上の一般的説明を踏まえ、本願発明の更

なる主な諸形態を列挙する。本願発明の第2の形態は、磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜厚方向に電流を流すための一対の電極と、記録媒体面からの磁束を前記磁気抵抗効果膜に導くための磁束ガイドを有し、前記磁気抵抗効果膜は強磁性層を含む自由層と、トンネル障壁層と、強磁性層を含む固定層と、前記固定層の磁化を固定する反強磁性層とを備えたトンネル型磁気抵抗効果膜であって、前記磁気抵抗効果膜の自由層にバイアス磁界を印加するための磁区制御層と、前記磁束ガイドにバイアス磁界を印加するための磁区制御層が同一平面内に形成されている磁気抵抗効果センサを有することを特徴とする磁気ヘッドである。この第2の形態は、磁束ガイドの両端に磁区制御層が配置された方法である。

【0019】第3の形態はより実的なものである。即ち、この場合の磁気抵抗効果センサでは、前記磁気抵抗効果膜が媒体面に露出しない位置に形成され、媒体面からとその対向面に伸びている前記磁束ガイドに接し、前記磁気抵抗効果膜と磁束ガイドのトラック幅方向の両端部に磁区制御層が形成されている。

【0020】第4の形態は、前記磁束ガイドが、前記磁気抵抗効果膜の媒体面側とその対向面側とに分離されている例である。

【0021】第5の形態は、前記磁束ガイドが、前記磁気抵抗効果膜の媒体面側から対向面まで連続して形成されている磁気抵抗効果センサを有することを特徴とする磁気ヘッドである。

【0022】第6の形態は、前記磁束ガイドと前期磁気抵抗効果膜の自由層との間に中間層が配置されており、前記磁束ガイドと前記自由層とが中間層を介して磁気的に結合されている磁気抵抗効果センサを有することを特徴とする磁気ヘッドである。

【0023】第7の形態は、前記磁束ガイドが高抵抗軟磁性層からなる磁気抵抗効果センサを有することを特徴とする磁気ヘッドである。

【0024】第8の形態は、前記磁気抵抗効果膜と前記磁束ガイドが絶縁層を介して形成されている磁気抵抗効果センサを有することを特徴とする磁気ヘッドである。

【0025】第9の形態は、前記磁区制御層が前記磁気抵抗効果膜及び前記磁束ガイドに渡って形成されている磁気抵抗効果センサを有することを特徴とする磁気ヘッドである。

【0026】第10形態は、前記磁区制御層が絶縁層を介して前記磁気抵抗効果膜及び前記磁束ガイドに渡って形成されている磁気抵抗効果センサを有することを特徴とする磁気ヘッドである。

【0027】第11の形態は、前記磁区制御層が酸化物化合物を有してなる磁気抵抗効果センサを有することを特徴とする磁気ヘッドである。

【0028】第12の形態は、既に触れた積層構造の形態の例である。この例の骨子は、前記磁気抵抗効果膜が媒体面に露出しない位置に形成され、媒体面からとその対向面に伸びている前記磁束ガイドに接し、前記磁束ガイドにバイアス磁界を印加するための磁区制御層が積層されている。この場合、前記磁束ガイドを磁区制御することによって前記自由層も同時に磁区制御されるのである。より具体的に構造を示せば、磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜厚方向に電流を流すための一対の電極と、記録媒体面からの磁束を前記磁気抵抗効果膜に導くための磁束ガイドを備えた磁気抵抗効果センサにおいて、前記磁気抵抗効果膜は強磁性層を含む自由層と、トンネル障壁層と、強磁性層を含む固定層と、前記固定層の磁化を固定する反強磁性層とを備えたトンネル型磁気抵抗効果膜であって、前記磁気抵抗効果膜が媒体面に露出しない位置に形成され、媒体面からとその対向面に伸びている前記磁束ガイドに接し、前記磁束ガイドにバイアス磁界を印加するための磁区制御層が積層されており、前記磁束ガイドを磁区制御することによって前記自由層も同時に磁区制御が可能な磁気抵抗効果センサを有することを特徴とする磁気ヘッドである。

【0029】第13の形態は、前記第12の形態の磁気抵抗効果センサにおいて、前記磁束ガイドと磁気抵抗効果膜とが中間層を介して磁気的に結合している磁気抵抗効果センサを有することを特徴とする磁気ヘッドである。

【0030】第14の形態は、前記第12及び第13の磁気抵抗効果センサにおいて、前記磁束ガイドと磁区制御層とが中間層を介して積層されている磁気抵抗効果センサを有することを特徴とする磁気ヘッドである。

【0031】上記の構造においては、前記磁束ガイドと磁区制御層とが磁気的に結合されている。従って、磁区制御層が磁束ガイドの磁区を制御することによって、併せて磁気抵抗効果膜の自由層の磁区を制御するものである。

【0032】第15の形態は、前記第12から第14の磁気抵抗効果センサにおいて、前記磁束ガイドが、前記磁気抵抗効果膜の媒体面側とその対向面側とに分離されている磁気抵抗効果センサを有することを特徴とする磁気ヘッドである。本例はより実例的な形態である。

【0033】第16の形態は、前記第12から第14に記載の磁気抵抗効果センサにおいて、前記磁束ガイドが、前記磁気抵抗効果膜の媒体面側から対向面まで連続して形成されている磁気抵抗効果センサを有することを特徴とする磁気ヘッドである。

【0034】第17の形態は、前記第12から第16の磁気抵抗効果センサにおいて、前記磁束ガイドが高抵抗軟磁性層を有してなる磁気抵抗効果センサを有することを特徴とする磁気ヘッドである。

【0035】これまで列挙してきた各種磁気抵抗効果セ

ンサを再生素子として用いて、記録再生ヘッドを構成することが出来る。更に、こうした記録再生ヘッドを搭載して、磁気記録再生装置を構成することが出来る。これらの記録再生ヘッドあるいは磁気記録再生装置は、十分信号ノイズが小さい。従って、本願発明に係る記録再生ヘッドあるいは磁気再生記録装置は極めて安定した記録再生特性を得ることが出来る。

【0036】磁気抵抗型再生ヘッド自体の基本構成は通例のもので十分である。即ち、その代表的形態は、磁性体からなる下部磁気シールド、下部層間絶縁膜、磁気抵抗効果により磁界を検出する磁気抵抗型素子及び上部層間絶縁膜及び磁性体からなる上部磁気シールドが、基板上に形成されている。

【0037】図10に本願発明に係る磁気記録再生ヘッドの主要部の斜視図を示す。図10の例に即して述べれば、磁気ディスク53摺動面に対向して磁気記録再生ヘッドが配される。尚、図中の64は磁気ディスクの記録媒体での磁気記録の状態をモデルとして示す。スライダ61は基板を構成し、この上部に磁気抵抗効果素子が配置される。即ち、下部磁気シールド65に磁気抵抗効果膜(TMR膜)13が搭載される。そして、絶縁膜67を介して、下部磁気コア66が配される。再生ヘッド13は第1のシールド67と第2のシールド膜65の間に挟まれており、周囲からの漏洩磁界を遮断して、目標直下の情報のみを再生しやすくした構造となっている。尚、この下部磁気コア66は上部磁気シールドならびに電極を兼ねた役割を有している。更に、励磁コイル63を挟んで上部磁気コア(記録ヘッド)62が配される。第1の磁極66、絶縁膜、および第2の磁極(記録磁極)62が積層された一方の面が摺動面を構成する。前記の絶縁膜が記録ギャップを構成する。

【0038】図7に本願発明に係る磁気記録再生装置の例の概略説明図を示す。情報が記録された磁気ディスク53がスピンドル・モータ54によって回転させられる。この磁気ディスク53の摺動面に対向してスライダ55が配される。このスライダ55に磁気記録再生部が内蔵されている。そして、この磁気記録再生部等は信号処理部57によって制御されている。信号処理部57には例えばデータ再生及び復号系あるいは機構制御系の電気制御系等が納められている。機構制御系やスライダ等はアクチュエータ56に接続されている。尚、こうした磁気記録再生装置の信号処理、回転制御等の電気系は基本的に従来技術を用いて十分である。ここではその詳細な説明は省略する。

#### 【0039】実施の形態1

図1は第1の実施例である磁気抵抗効果センサ20の主要部の斜視図である。図1に示すように、基板10上に、下部磁気シールド膜11、下部ギャップ膜12、トンネル磁気抵抗効果膜(以下、この膜をTMR膜(Tunneling Magnetoresistive L



ayer)と称す)13、磁束ガイド14、磁区制御膜15、上部ギャップ膜16、及び上部磁気シールド膜兼下部磁気コア17が順次形成される。通例、図に示されるように、上部磁気シールド膜17及び下部磁気シールド膜11は、それぞれ引き出し電極端子部18を有しており、TMR膜13の膜厚方向に電流を流すための電極を兼ねている。この磁気抵抗効果センサの断面の詳細は図2Aおよび図2Bに示される。

【0040】磁気抵抗効果センサの方位を、トラック幅方向101、素子高さ方向102、磁気ヘッド駆動方向103と定義すると、図中の線A及び線Bでの断面はそれぞれ、素子高さ方向102及びトラック幅方向101に平行な断面を示している。図2Aは上記磁気抵抗効果センサ20の素子高さ方向102に平行な断面図を、図2Bはトラック幅方向101に平行な断面図を示す。図11は磁気抵抗効果センサ20の平面図である。基板10上に下部磁気シールド膜11、下部ギャップ膜12が所望の形状に形成されている。下部ギャップ膜12上の一部には、浮上面から離れた位置にTMR膜13が配置されている。そして、このTMR膜13の端部に乗り上げて1組の磁束ガイド14が、浮上面側から素子高さ方向(102)に伸びて配置されている。磁束ガイド14は媒体からの磁束をTMR膜13に誘導する軟磁性膜である。このTMR膜13は、具体的には例えば、下側から順に下地膜21、反強磁性膜22、第1の強磁性膜(固定層と称する)23、トンネル障壁層24、第2の強磁性膜(自由層と称する)25を有して構成されている。自由層25と固定層23の面内磁化は、外部磁界が印加されていない状態でお互いに対して90度傾いた方向に向けられている。固定層23は反強磁性膜22によって、好ましい方向に磁化が固定されている。この面内磁化が固定されているという意味で、前記第1の強磁性膜23は固定層と称される。一方、媒体から磁束ガイド14を通る磁界により、自由層25の磁化は自由に回転する。そして、この磁化の回転により抵抗変化が生じて、当該素子の出力が発生する。この面内磁化が自由に回転するという意味で、前記第2の強磁性膜25は自由層と称される。

【0041】図11に見られるように、TMR膜13の摺動方向に沿った両側部には磁区制御膜15が、TMR膜13の摺動面200に交差する方向の両側部には磁束ガイド14が配置されている。

【0042】本実施の形態では、TMR膜13に流れる電流が磁束ガイド14及び磁区制御膜15にリークしないために、いずれもTMR膜13よりも高抵抗でなければならない。

【0043】図2Bに示されるように、TMR膜13と磁束ガイド14とのトラック幅方向101の両脇には、両端部に乗り上げるようにそれぞれ磁区制御膜15が配置されている。磁区制御膜15は、磁束ガイド14及び

自由層25の磁区の発生を抑制するために、バイアス磁界を加える強磁性膜である。

【0044】TMR膜13、及びこれに一部重畳されて形成されている磁束ガイド14、及び磁区制御膜15の上には、上部ギャップ膜16、及び上部磁気シールド膜17が形成されている。前記上部ギャップ膜16は、貫通孔19の部分でのみTMR膜13と接している。この貫通孔19の両側は前記磁束ガイド14、及び前記磁区制御膜15で構成されている。前記下部磁気シールド膜11及び上部磁気シールド膜17は、それぞれ引き出し電極端子部18を有している。この電極端子の接続により、電流の印加および再生出力の検出を行う。電極端子部18に電流を流すと、電流は貫通孔19をとってTMR膜13にのみ流れる。

【0045】次に各種の材料の例を具体的に説明する。

【0046】下部磁気シールド膜11自体は通例の材料を用いて十分であるが、これに適した材料をかかげれば、CoNbZr等のCo系非晶質合金、NiFe合金、FeAlSi合金あるいはCoNiFe合金などをあげることが出来る。下部磁気シールド膜11の膜厚は概ね1~5 $\mu$ mである。上部磁気シールド膜17自体は通例の材料を用いて十分であるが、これに適した材料をかかげれば、NiFe合金やCoNiFe合金の他、強磁性膜と酸化物との多層膜や、BやPなどの半金属を含む強磁性合金膜などをあげることが出来る。この上部磁気シールド膜17は記録磁気ヘッドの下部コアを兼用することが出来る。

【0047】下部ギャップ膜12は、TMR膜13の下地膜となるので、TMR膜13の特性が安定かつ高抵抗変化量となるよう、その表面は平滑かつ清浄面であることが望ましい。下部ギャップ膜12に適した材料をかかげれば、例えば、Ta、Nb、Ru、Mo、Pt、Ir、あるいはこれらの元素を含む合金、またはW、Cu、Alとの合金、さらに異なる元素からなる多層構造、などをあげることが出来る。前記異なる元素からなる多層構造の一例は、例えばTa/Pt/Ta、Ta/Cu/Taである。前記各種元素の積層を用いることが出来ることは言うまでもない。

【0048】また下部ギャップ膜12として、前記列挙した元素、例えば、Ta、Nb、Ru、Mo、Pt、Ir、あるいはこれらの元素を含む合金、またはW、Cu、Alとの合金、さらに異なる元素からなる多層構造と、強磁性材料との積層構造を用いることも出来る。この例は例えばTa/NiFeである。この下部ギャップ膜12の膜厚は概ね3nm~30nmである。通例、下部磁気シールド膜11と上部磁気シールド膜17の間隔によって、この下部ギャップ膜12の膜厚は所望に設定される。上部ギャップ膜16は、上記下部ギャップ膜12と同種の材料か、或いはAu、Alなどで形成される。下地膜21は反強磁性膜22の結合磁界を大きくするためのものである。下地膜21に適した材料の例をかかげれば、Ta、NiFeあるいはこれらの積層膜Ta/NiFeなどをあげることが出来る。

る。

【0049】反強磁性膜22に適した材料の例をかかげれば、MnIr、MnPt、FeMn、CrMn系合金、MnPtPd、NiMn系合金などをあげることが出来る。

【0050】固定層23及び自由層25は、NiFe合金、Co合金、CoFe合金、CoNiFe合金のいずれかの強磁性からなる単層構造か、もしくは上記強磁性膜の多層構造、などで形成される。前記強磁性膜の多層構造は複数層、例えば2層あるいは3層などを用いることが出来る。前記強磁性膜の多層構造の例は例えばCoFe/NiFe、あるいはCoFe/NiFe/CoFeなどである。又、前記強磁性膜の多層構造として、強磁性膜と非磁性層との積層構造をも用いることが出来る。強磁性膜と非磁性層との積層構造の例は、例えばCo/Ru/Co、CoFe/Ru/CoFeなどである。これら強磁性膜の諸多層構造は界面での拡散防止、異方性分散の抑制のために有効である。下地膜21の膜厚は概ね3nm~10nm、反強磁性膜22は概ね2nm~25nm、固定層23及び自由層25は概ね1nm~10nmである。

【0051】トンネル障壁層24の例は、各種絶縁物層、例えば、酸化物層、或いは窒化物層、これらの諸材料の積層膜等を用いることが出来る。トンネル障壁層24の例をかかげれば、例えばAl-O、Si-O、Ta-O等の単層膜あるいはこれらの材料の積層膜等で強磁性膜を挟んだ積層構造をあげることが出来る。この積層構造の具体例は、例えばAl-O/Co/Al-Oである。これらの諸酸化物の作製方法は、直接形成してもよいし、酸素雰囲気中あるいはプラズマにより酸化させてもよい。例えば、その一例は金属膜、例えばAl膜を形成し酸化させるのである。トンネル障壁層24の膜厚は概ね0.5nm~3.0nmと極薄である。磁束ガイド14は上部ギャップ膜16から流れる電流が下部ギャップ膜12にリークしないようにする領域である。磁束ガイド14に適した材料をかかげれば、高抵抗な軟磁性膜、例えば強磁性材と絶縁材との多層構造をあげることが出来る。強磁性材と絶縁材との多層構造の例をあげれば、CoFe/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/CoFe、あるいはCoFe/SiO<sub>2</sub>/CoFeなどをあげることが出来る。磁束ガイド14の膜厚は概ね5nm~15nmとする。前記高抵抗な軟磁性膜の例を掲げれば、MnZnFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、NiZnFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、FeSiO、CoAlOなどである。更にはこれらの積層膜をも用いることが出来る。

【0052】磁区制御膜15も上記磁束ガイド14と同様、上部ギャップ16から流れる電流が下部ギャップ膜12にリークしないようにする領域である。磁束ガイド14に適した材料をかかげれば、高抵抗の材料、例えばFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>、NiO、CoOなどをあげることが出来る。磁束ガイド14の膜厚は概ね10nm~30nmである。

【0053】次に上記磁気抵抗効果センサ20の作製方

法を説明する。

【0054】まず、基板10上にスパッタリング法あるいはメッキ法により下部磁気シールド膜11を形成した後、下部ギャップ膜12をスパッタリング法で形成する。下部ギャップ膜12の表面をイオンクリーニングした後、スパッタリング法でTMR膜13の下地膜21、反強磁性膜22、固定層23、及びトンネル障壁層14を形成するための膜を順に連続で形成する。その後、真空を破らずに数十Torrの酸素雰囲気中で数十分自然酸化させて、トンネル障壁層24を作製する。さらに、この上部に、自由層25を形成する。こうして、本願発明に係わるTMR膜13が形成される。

【0055】その後、前記TMR膜の上部にレジスト膜を所望形状に形成し、次いでイオンミリングによりTMR膜13を所定の形状に加工する。TMR膜13の表面を軽くイオンクリーニングした後、レジストを剥がさずに磁束ガイド14をスパッタリング法あるいはメッキ法で形成し、レジストを除去する。この工程、即ち、いわゆるリフトオフ法によって、所望形状のTMR膜13および磁束ガイド14用の膜が形成される。さらにTMR膜13及び磁束ガイド14上にレジストを所定の形状に形成し、磁区制御膜15をスパッタリング法で加工し、レジストをリフトオフする。上部ギャップ膜16をスパッタリング法あるいは蒸着法により形成する。最後に上部磁気シールド膜17をスパッタリング法あるいはメッキ法により形成して、図2に示すような磁気抵抗効果センサ20が完成する。

【0056】また、本実施例では、TMR膜13は下側から順に下地膜21、反強磁性膜22、第1の強磁性膜（固定層）23、トンネル障壁層24、第2の強磁性膜（自由層）25と積層されている。しかし、このTMR膜は、下側から第2の強磁性層（自由層）25、トンネル障壁層24、第1の強磁性層（固定層）23、反強磁性層22と反対に積層することも可能である。ただしこの場合、下地膜21は自由層25の磁気特性を向上するための目的で形成される。また、磁束ガイド14は自由層25に隣接させなければならないため、TMR膜13の下側に形成する。

【0057】上記磁気抵抗効果センサ20を用いて再生ヘッドを作製し、再生特性を測定した。その結果、良好で安定な再生出力が得られ、バルクハウゼンノイズなどのノイズや、ベースラインシフト等の波形歪みも見られなかった。なお再生信号の上下非対称性は±5%程度であり、実用上問題にならないレベルであった。

【0058】実施の形態2

図3A及び図3Bは、各々第2の実施例である磁気抵抗効果センサ30の断面図である。図3Aは素子高さ方向102に平行な断面図を、図3Bはトラック幅方向101に平行な断面図を示す。これらの断面図は、図1に磁気抵抗効果センサの断面の切り方を示したものと同様で

ある。図3A及び図3Bの構成において、図2A及び図2Bと同じ層及び膜については同じ記号を付している。

【0059】図3A及び図3Bの磁気抵抗効果センサ30が、図2A及び図2Bの磁気抵抗効果センサ20と異なるのは、磁束ガイド14の上下あるいはどちらか一方に絶縁膜31が形成されていることである。従って、以下の説明では、異なる諸点のみ説明し、他の部材の説明は省略する。その他の構造、材料選択などは実施の形態1に述べたものと同様に構成して十分である。

【0060】このような構造では、磁束ガイド14を通して上部ギャップ膜16から下部ギャップ膜12への電流のリークが防止することが出来る。この為、本例においては、磁束ガイド14は、必ずしも高抵抗の材料で形成される必要はない。したがって、磁束ガイド14として、NiFe合金、CoNiFe合金、FeSiAl合金などの金属、合金材料を用いることもできる。絶縁膜31の材料として、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 、あるいは $Al_2O_3$ と $SiO_2$ の混合体などが好適な材料である。絶縁膜31の膜厚は耐圧を考えると少なくとも10nm以上必要である。

#### 実施の形態3

図4A及び図4Bは、各々第2の実施例である磁気抵抗効果センサ30の断面図である。図4Aは素子高さ方向102に平行な断面図を、図4Bはトラック幅方向101に平行な断面図を示す。これらの断面図は、図1に磁気抵抗効果センサの断面の切り方を示したものと同様である。図4A及び図4Bの構成において、図2A及び図2Bと同じ層及び膜については同じ記号を付している。

【0061】図4A及び図4Bの磁気抵抗効果センサ32が図2の磁気抵抗効果センサ20と異なるのは、磁区制御膜15の上下あるいはどちらか一方に絶縁膜33が形成されていることである。従って、以下の説明では、異なる諸点のみ説明し、他の部材の説明は省略する。その他の構造、材料選択などは実施の形態1に述べたものと同様に構成して十分である。

【0062】このような構造では、磁区制御膜15を通して上部ギャップ膜16から下部ギャップ膜12への電流のリークが防止することが出来る。この為、本例においては、磁区制御膜15は、必ずしも高抵抗の材料で形成される必要はない。磁区制御膜15の材料として、MnIr、MnPt、FeMn、CrMn系合金、MnPtPd、NiMn系合金等の反強磁性材料か、あるいはCoCrPt合金等の硬磁性材料などを用いることができる。この場合、これらの結合磁界及び保持力を大きくするために磁区制御膜15の下に下地膜34を形成してもよい。下地膜34にはTa、Nb、Ru、Hf、NiFe、Crまたはこれらの積層構造、例えばTa/NiFeを用いる。絶縁膜33の材料は $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 、あるいは $Al_2O_3$ と $SiO_2$ の混合体などが好適な材料である。下地膜34の膜厚は2nm~10nm、絶縁膜33の膜厚は耐圧を考えると少なくとも10nm以上必要である。

#### 【0063】実施の形態4

図5A及び図5Bは、各々第4の実施例である磁気抵抗効果センサ35の断面図である。図5Aは素子高さ方向に平行な断面図を、図5Bはトラック幅方向に平行な断面図を示す。これらの断面図は、図1に磁気抵抗効果センサの断面の切り方を示したものと同様である。図5A及び図5Bの構成において、図2A及び図2Bと同じ層及び膜については同じ記号を付している。

【0064】図5A及び図5Bの磁気抵抗効果センサ35が図2の磁気抵抗効果センサ20と異なるのは、磁束ガイド14がTMR膜13の媒体面からその対向面に連続して伸びており、TMR膜13の自由層26と磁束ガイド14との間に中間層36が形成されていることである。この場合、磁束ガイド14と自由層26は中間層36を介して強磁性的あるいは反磁性的に結合されている。本例では、中間層36には膜厚0.5nm~1nmのRuを用いた。

【0065】従って、以下の説明では、異なる諸点のみ説明し、他の部材の説明は省略する。その他の構造、材料選択などは実施の形態1に述べたものと同様に構成して十分である。

#### 【0066】実施の形態5

図6A及び図6Bは、各々第4の実施例である磁気抵抗効果センサ37の断面図である。図6Aは素子高さ方向に平行な断面図を、図6Bはトラック幅方向に平行な断面図を示す。これらの断面図は、図1に磁気抵抗効果センサの断面の切り方を示したものと同様である。図6A及び図6Bの構成において、図2A及び図2Bと同じ層及び膜については同じ記号を付している。

【0067】図6A及び図6Bに示した磁気抵抗効果センサ37では、磁区制御膜15の上部に磁束ガイド14が積層されている。又、TMR膜13の媒体面からその対向面に連続して伸びて形成されている。ここで、磁束ガイド14は磁区制御膜15上に直接形成されてもよいし、結合を調整するための第1の中間層38を介して形成されてもよい。

【0068】また、TMR膜13の自由層26と磁束ガイド14との間に第2の中間層36を形成することも可能である。この場合、磁束ガイド14と自由層26は中間層36を介して磁氣的に結合されている。この構成では、磁区制御膜15が磁束ガイド14の磁区を制御することで、同時に自由層26の磁区も制御出来る。

#### 【0069】実施の形態6

図8は実施の形態6の磁気抵抗効果センサの斜視図である。

【0070】基板40上に下地膜41、保護膜42、TMR膜43、第1の磁束ガイド44、磁区制御膜45、絶縁ギャップ膜48、第2の磁束ガイド49が形成されている。下地膜41と第2の磁束ガイド49は、それぞれ引き出し電極端子部50を有している。この引き出し電極端子部50はTMR膜43の膜厚方向に電流を流す



ための電極を兼ねている。

【0071】磁気磁気抵抗効果センサの方位を、トラック幅方向101、素子高さ方向102、磁気ヘッド駆動方向103と定義すると、図中のA及びBはそれぞれ、素子高さ方向102及びトラック幅方向101に平行な断面を示している。

【0072】図9Aは、上記磁気抵抗効果センサ39の素子高さ方向102に平行な断面図を、図9Bはトラック幅方向101に平行な断面図を示す。

【0073】本例では、基板40上に下地膜41が所定の形状に形成されている。下地膜41上には、浮上面から離れた位置にTMR膜43が配置されている。この例では、TMR膜43の端部に乗り上げないように保護膜42が形成されている。TMR膜43の構成は図2に示すTMR膜13と同じ構成である。

【0074】更に、第1の中間層46、第1の磁束ガイド44、第2の中間層47及び磁区制御膜45が下から順に形成され、TMR膜43の上に浮上面側から素子高さ方向102に連続して伸びて配置されている。第1の磁束ガイド44は媒体からの磁束をTMR膜43に誘導する軟磁性膜であり、第1の中間層46を介してTMR膜43と磁気的に結合している。磁区制御膜45は、磁束ガイド14及びTMR膜の自由層25の磁区の発生を抑制するために、バイアス磁界を加える強磁性膜であり、第2の中間層47によってその大きさを変える。TMR膜43、磁束ガイド44、磁区制御膜45の上には、これらを囲むように絶縁ギャップ膜48が配置されている。さらに絶縁ギャップ膜48の上に、第2の磁束ガイド49が配置されている。第1の磁束ガイド44と第2の磁束ガイド49は、浮上面と反対側51で接している。また、第2の磁束ガイド49と下地膜41はそれぞれ引き出し電極端子部50を有しており、電気端子の接続により、電流の印加および再生出力の検出を行う。これらの電極端子部50に電流を流すと、第2の磁束ガイド49から接続部51を通過して第1の磁束ガイド44、TMR膜43の膜厚方向にへ流れる。

【0075】次に各種の材料を説明する。

【0076】下地膜41は、TMR膜43の特性が安定かつ高抵抗変化量となるよう、その表面は平滑かつ清浄面であることが望ましく、実施例1（図2）の下部ギャップ膜12と同種の材料で形成される。この下地膜41の膜厚は3～30nmである。

【0077】第1及び第2の磁束ガイド44、49は電極を兼ねているので、低抵抗な軟磁性膜、例えばNiFe合金、CoNiFe合金、FeSiAl合金で形成される。膜厚は5～20nmである。保護膜42および絶縁ギャップ膜48は、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・SiO<sub>2</sub>で形成される。膜厚は耐圧を考慮して少なくとも20nm以上必要である。その他第1及び第2の中間層46、47、磁区制御膜45、TMR膜43は、実施例1～5で説明したものと同

種の材料で形成される。

【0078】本実施例では、下側から順に下地膜41、TMR膜43、第1の磁束ガイド44、絶縁ギャップ膜46、第2の磁束ガイドと積層されているが、逆に積層することも可能である。また、本実施例では、第2の磁束ガイド49に電極端子部50が配置されているが、第1の磁束ガイド44に設けてもよい。さらに、本実施例のように第1及び第2の2つの磁束ガイドにより形成されている磁気抵抗効果センサでは、第1及び第2の磁束ガイドの両方を磁区制御してもよい。

【0079】本実施例では、磁区制御膜45と磁束ガイド44が積層された構造であるが、実施例1～4で示された構造を実施例6に適用することもできる。

【0080】上記磁気抵抗効果センサ39を用いて再生ヘッドを作製し、再生特性を測定した。その結果、良好で安定な再生出力が得られ、バルクハウゼンノイズなどのノイズや、ベースラインシフト等の波形歪みも見られなかった。なお再生信号の上下非対称性は5%程度であり、実用上問題にならないレベルであった。

【0081】実施の形態7

図7は本発明を適用した磁気抵抗効果センサ20を備えた磁気ディスク装置の概略を表したものである。スピンドルモータ54により高速回転する金属又はガラス円盤等の磁気ディスク53の表面にはCoCrPt系合金膜からなる記録媒体が、例えばスパッタ法により堆積されている。この装置では、ディスクの回転にともなう空気流を受けて浮上するセラミックスのチップ（スライダ）55上に形成された薄膜磁気ヘッドを用いて記録媒体上にデジタル信号を記録・再生することが出来る。薄膜磁気ヘッドの例はNiFe系合金の磁極とCuのコイルからなる誘導型記録ヘッドと、実施例1記載のヨーク型磁気ヘッドからなる。

【0082】さらに上記セラミックスのチップは可動式アームに取り付けられており、アームはボイス・コイル・モータを備えたアクチュエータ56によって実質的に半径方向に移動できるようになっている。したがって薄膜磁気ヘッドはほぼディスク全面にアクセスすることが可能である。また、記録媒体上には記録信号の他にトラック位置を指定するサーボ信号があり、再生ヘッドが再生したサーボ信号をアクチュエータにフィードバックすることによってヘッドの位置決めを閉ループ制御で高精度におこなうことができる。また、再生信号やサーボ信号を処理したり機構系の制御をおこなうデータ信号記録・再生系57及び電気回路系58も備えている。本装置では、先に開示した薄膜磁気ヘッドを用いることにより、高い記録密度を達成することができた。その結果小型かつ大容量の装置を実現することができた。

【0083】また、ここではディスクを1枚持つ装置を開示したが、複数枚のディスクを持つ装置でも同様の効果が得られることは明らかである。

**【0084】**

【発明の効果】本願発明により、トンネル磁気抵抗効果膜を用いたヨーク型の磁気抵抗効果センサにおいて、バルクハウゼンノイズを抑制し、安定性のある磁気抵抗効果センサを提供することができる。

### 【図面の簡単な説明】

【図１】図１は本発明の第１の例に係る磁気抵抗効果センサの斜視図である。

【図 2 A】図 2 A は本発明第 1 の例に係る磁気抵抗効果センサの高さ方向の断面図である。

【図２Ｂ】図２Ｂは本発明第１の例に係る磁気抵抗効果センサのトラック幅方向の断面図である。

【図３Ａ】図３Ａは本発明第２の例に係る磁気抵抗効果センサの高さ方向の断面図である。

【図３Ｂ】図３Ｂは本発明第２の例に係る磁気抵抗効果センサのトラック幅方向の断面図である。

【図４Ａ】図４Ａは本発明第３の例に係る磁気抵抗効果センサの高さ方向の断面図である。

【図４Ｂ】図４Ｂは本発明第３の例に係る磁気抵抗効果センサのトラック幅方向の断面図である。

【図5 A】図5 Aは本発明第4の例に係る磁気抵抗効果センサの高さ方向の断面図である。

【図５Ｂ】図５Ｂは本発明第４の例に係る磁気抵抗効果センサのトラック幅方向の断面図である。

【図6A】図6Aは本発明第4の例に係る磁気抵抗効果センサの高さ方向の断面図である。

【図 6 B】図 6 B は本発明第 4 の例に係る磁気抵抗効果センサのトラック幅方向の断面図である。

【図7】図7は本発明による磁気記録再生装置の構成を例示する図である。

【図8】図8は本発明による磁気抵抗効果センサの別の例の斜視図である。

【図9 A】図9 Aは本発明に係る別な例の磁気抵抗効果センサの高さ方向の断面図である。

【図 9 B】図 6 B は本発明に係る別な例の磁気抵抗効果センサのトラック幅方向の断面図である。

【図 10】図 10 は本発明による磁気記録再生装置の構成を示す斜視図である。

【図１１】図１１は本発明の第１の例に係る磁気抵抗効果センサの平面図である。

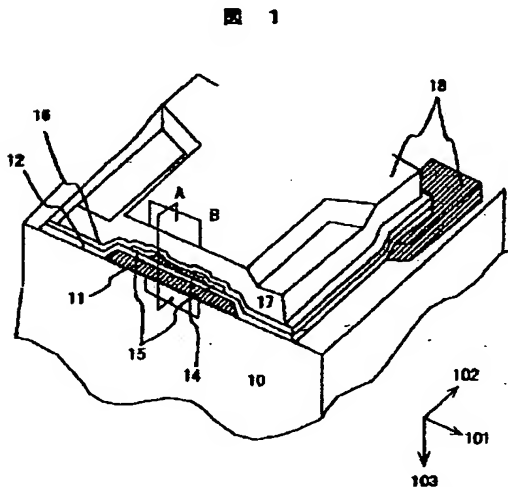
【図１２】図１２は磁束ガイドと磁区制御層の配置の諸例を示す断面図である。

【図13】図13はTMRの磁区制御の骨子を説明する断面図である。

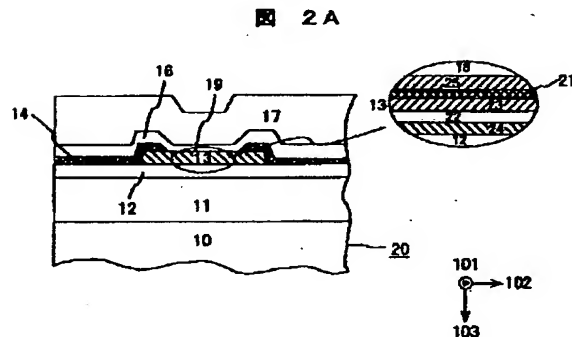
【符号の説明】

13、43・・トンネル磁気抵抗効果膜、25・・強磁性膜(自由層)、24・・トンネル障壁層、23・・強磁性膜(固定層)、22・・反強磁性膜、21、34、42・・下地膜、10、40・・基板、11・・下部磁気シールド膜、12・・下部ギャップ膜、14、44、49・・磁束ガイド、15、45・・磁区制御膜、16・・上部ギャップ膜、17・・上部磁気シールド膜、18、50・・電極端子部、19・・貫通穴、31、33・・絶縁膜、36、38、46、47・・中間層、48・・絶縁ギャップ膜、42・・保護膜、20、30、32、35、37、39・・磁気抵抗効果センサ、52・・磁気記録再生装置、53・・磁気ディスク、54・・スピンドルモータ、55・・スライダ、56・・アクチュエータ、57・・信号処理回路

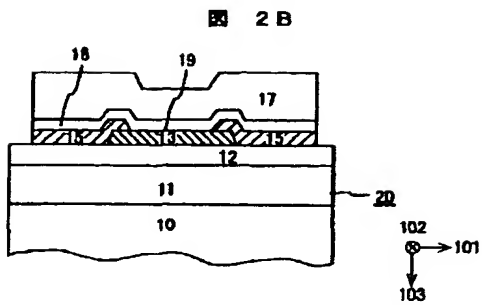
【図 1】



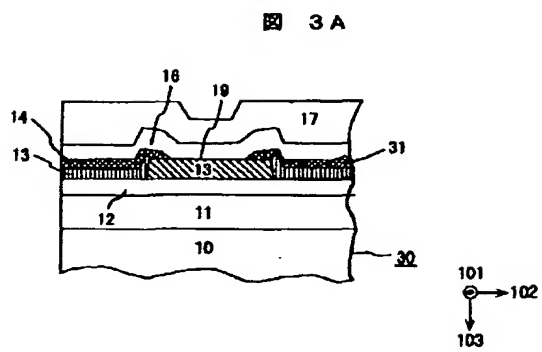
【图 2 A】



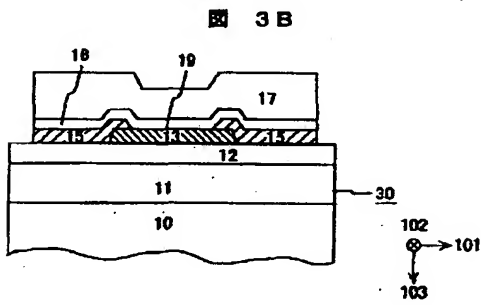
【図2B】



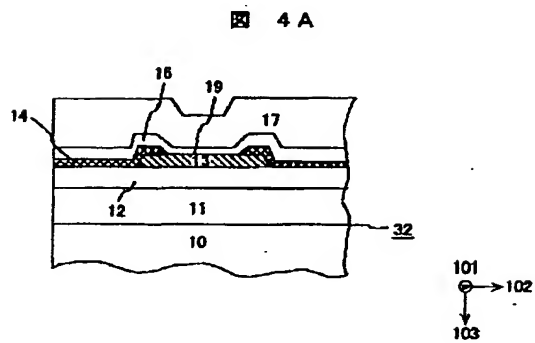
【図3A】



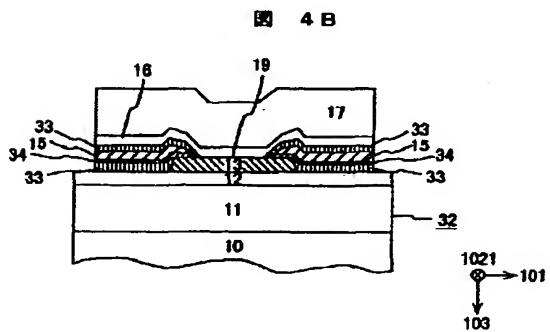
【図3B】



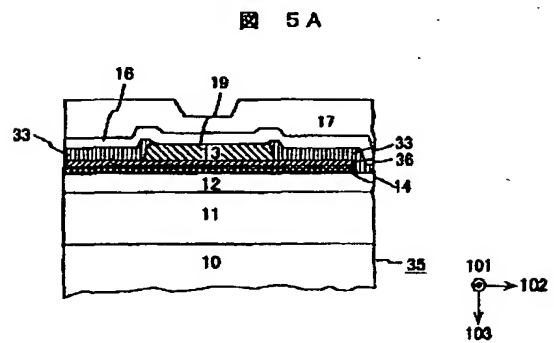
【図4A】



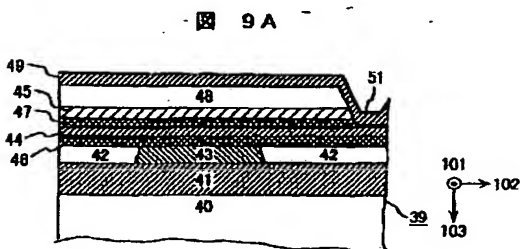
【図4B】



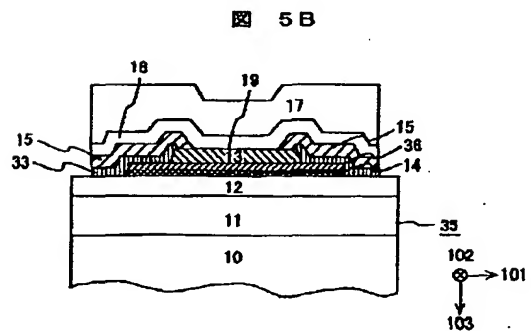
【図5A】



【図9A】



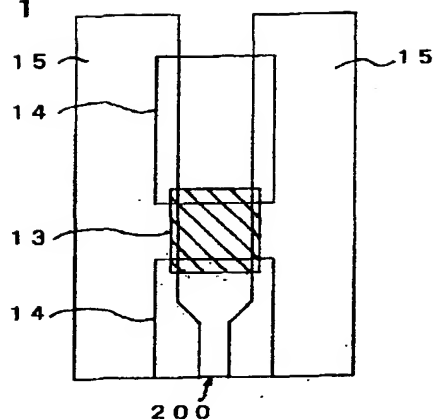
【図5B】





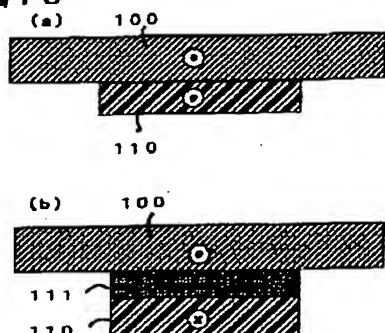
【図 1 1】

図 1 1



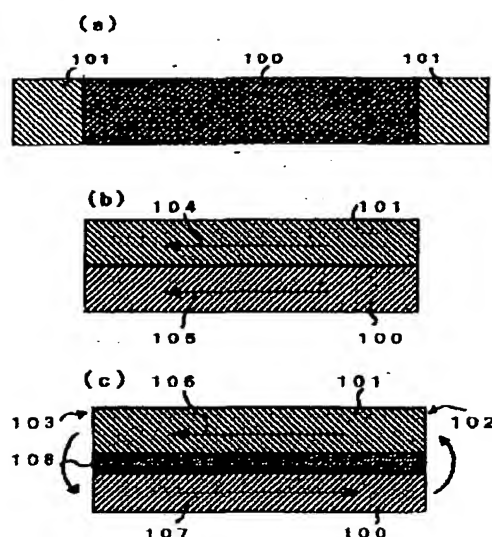
【図 1 3】

図 1 3



【図 1 2】

図 1 2



## 【手続補正書】

【提出日】平成13年3月13日（2001. 3. 13）

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 印加された外部磁界を検出する磁気抵抗効果膜と、前記外部磁界を前記磁気抵抗効果膜へ導く磁束ガイドとを備え、該磁束ガイドは前記外部磁界によりその磁化方向が変化する磁性層を有し、前記磁気抵抗効果膜は前記磁束ガイドを構成する磁性層の磁化の方向に応じてその磁化の方向が変化する磁性層を有し、前記磁気抵抗効果膜及び前記磁束ガイドを構成する磁性層の磁区を併せて制御可能な磁気抵抗効果センサを備えたことを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項2】 磁区制御層を設けることにより前記自由

層及び前記磁束ガイドを構成する磁性層の磁区を併せて制御することを特徴とする請求項1記載の磁気ヘッド。

【請求項3】 前記磁気抵抗効果膜は、印加された外部磁界によりその磁化の方向が変化する磁性層と前記外部磁界に対してその磁化の方向が固定された磁性層とが中間層を介して形成されることを特徴とする請求項1または2記載の磁気ヘッド。

【請求項4】 印加される外部磁界によりその磁化の方向が変化する磁性層を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁性層へ前記外部磁界を導く磁束ガイドと前記磁気抵抗効果膜及び磁束ガイドへバイアス磁界を印加する手段とを備えることを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項5】 前記磁束ガイドは前記外部磁界によりその磁化方向が変化する磁性層を有し、前記磁気抵抗効果膜を構成する磁性層は前記磁束ガイドを構成する磁性層の磁化の方向に応じてその磁化の方向が変化することを特徴とする請求項4記載の磁気ヘッド。

【請求項6】 前記バイアス磁界を印加する手段は反強



磁性膜あるいは硬磁性膜からなることを特徴とする請求項4または5記載の磁気ヘッド。

【請求項7】 前記バイアス磁界を印加する手段は磁性層の磁区を制御可能な磁区制御層であることを特徴とする請求項4または5記載の磁気ヘッド。

【請求項8】 前記磁区制御層が、同一平面内に形成されていることを特徴とする請求項2または7記載の磁気ヘッド。

【請求項9】 前記磁区制御層が、前記磁気抵抗効果膜及び前記磁束ガイドを構成する磁性層の両端部に形成されていることを特徴とする請求項2、7または8記載の磁気ヘッド。

【請求項10】 前記磁区制御層は、前記磁束ガイドと磁氣的に結合されていることを特徴とする請求項2、7または8記載の磁気ヘッド。

【請求項11】 前記磁束ガイドと前記磁気抵抗効果膜とが中間層を介して磁氣的に結合していることを特徴とする請求項10記載の磁気ヘッド。

【請求項12】 前記磁気抵抗効果膜は、印加された外

部磁界によりその磁化の方向が変化する磁性層と前記外部磁界に対してその磁化の方向が固定された磁性層とが中間層を介して形成されることを特徴とする請求項4乃至11記載の磁気ヘッド。

【請求項13】 前記磁気抵抗効果膜の膜厚方向に電流を流して外部磁界を検出することを特徴とする請求項1乃至12記載の磁気ヘッド。

【請求項14】 前記磁気抵抗効果センサを磁氣的に分離する一対の磁気シールドの間に前記磁気抵抗効果センサが配置され、前記磁気シールドは電極端子が接続されていることを特徴とする請求項13記載の磁気ヘッド。

【請求項15】 前記磁束ガイドが前記磁気抵抗効果膜に対して媒体面側と対向面側とで分離されて配されたことを特徴とする請求項1乃至14記載の磁気ヘッド。

【請求項16】 前記磁束ガイドが前記磁気抵抗効果膜に対して媒体面側から対向面側へ連続してされて配されたことを特徴とする請求項1乃至14記載の磁気ヘッド。

---

フロントページの続き

(72)発明者 渡辺 克朗  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

Fターム(参考) 5D034 BA05 BA15 BB12 CA04 CA08  
5E049 AA01 AA04 AA07 AC05 BA12  
BA16 CB02 DB12

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-273613

(43)Date of publication of application : 05.10.2001

(51)Int.Cl.

G11B 5/39

H01F 10/26

H01L 43/08

(21)Application number : 2000-090715

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 27.03.2000

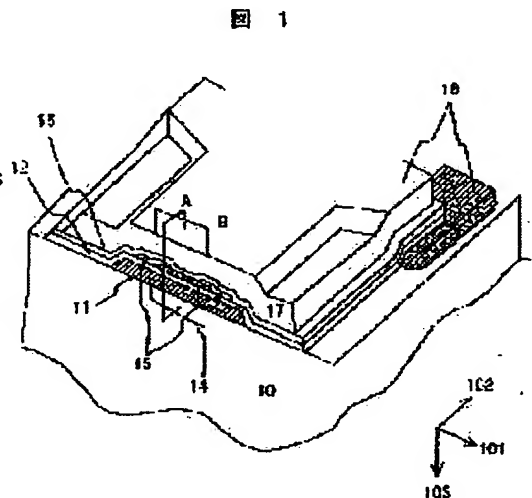
(72)Inventor : ARAI REIKO  
KAWATO YOSHIAKI  
WATANABE KATSURO

(54) MAGNETIC HEAD AND MAGNETIC RECORDING/REPRODUCING DEVICE USING THE SAME

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a stable magneto-resistance effect sensor capable of suppressing Barkhausen noise in magneto-resistance effect sensor using a tunnel magneto-resistance effect film, a reproducing head using the same, and a magnetic recording/reproducing device.

**SOLUTION:** This magneto-resistance effect sensor is provided with a tunnel magneto-resistance effect film, a pair of electrodes for supplying current in the thickness direction of the magneto-resistance effect film, and a magnetic flux guide for guiding a magnetic flux from a recording medium surface to the magneto-resistance effect film. In this case, the magnetic domains of both of the free layer of the tunnel magneto-resistance effect film and the magnetic flux guide are controlled together.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

27.03.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's



decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office





Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

---

### [Claim(s)]

[Claim 1] The magnetic head which is the tunneled type magnetoresistance-effect film characterized by providing the following, and is characterized by combining the magnetic domain of both the free layer of the aforementioned tunneled type magnetoresistance-effect film, and the aforementioned flux guide, and having a controllable magnetoresistance-effect sensor. Magnetoresistance-effect film. The electrode of the couple for passing current in the direction of thickness of the aforementioned magnetoresistance-effect film. It is the free layer in which it has a flux guide for leading the magnetic flux from record intermediation dignity to the aforementioned magnetoresistance-effect film, and the aforementioned magnetoresistance-effect film contains a ferromagnetic layer. A tunnel barrier layer, the fixed bed containing a ferromagnetic layer, and the antiferromagnetism layer that fixes magnetization of the aforementioned fixed bed.

[Claim 2] Magnetoresistance-effect film. The electrode of the couple for passing current in the direction of thickness of the aforementioned magnetoresistance-effect film. It is the free layer in which it has a flux guide for leading the magnetic flux from record intermediation dignity to the aforementioned magnetoresistance-effect film, and the aforementioned magnetoresistance-effect film contains a ferromagnetic layer. Tunnel barrier layer. The fixed bed containing a ferromagnetic layer, and the antiferromagnetism layer which fixes magnetization of the aforementioned fixed bed. It is the magnetic head equipped with the above, and the magnetic-domain control layer for impressing a bias magnetic field to the free layer of the aforementioned magnetoresistance-effect film and the magnetic-domain control layer for impressing a bias magnetic field to the aforementioned flux guide are characterized by having the magnetoresistance-effect sensor currently formed in the same flat surface.

[Claim 3] The magnetic head characterized by forming the aforementioned magnetoresistance-effect film in the position which is not exposed to a medium side, touching the aforementioned flux guide extended from a medium side to its opposite side in a magnetoresistance-effect sensor according to claim 2, and having the aforementioned magnetoresistance-effect film and the magnetoresistance-effect sensor by which the magnetic-domain control layer is formed in the both ends of the direction of the width of recording track of a flux guide.

[Claim 4] The magnetic head characterized by having the magnetoresistance-effect sensor by which the interlayer is stationed and the aforementioned flux guide and the aforementioned free layer are magnetically combined through the interlayer the aforementioned flux guide and the first half in the magnetoresistance-effect sensor given in either of the claims 1-3 between the free layers of a magnetoresistance-effect film.

[Claim 5] Magnetoresistance-effect film. The electrode of the couple for passing current in the direction of thickness of the aforementioned magnetoresistance-effect film. It is the free layer in which it has a flux guide for leading the magnetic flux from record intermediation dignity to the aforementioned magnetoresistance-effect film, and the aforementioned magnetoresistance-effect film contains a ferromagnetic layer. Tunnel barrier layer. The fixed bed containing a ferromagnetic layer, and the antiferromagnetism layer which fixes magnetization of the aforementioned fixed bed. The aforementioned free layer is also characterized by to have simultaneously the magnetoresistance-effect sensor in which magnetic-domain control is possible by being the magnetic head equipped with the above, touching the aforementioned flux guide extended from a medium side to its opposite side, carrying out [ forming the aforementioned magnetoresistance-effect film in the position which is not exposed to a medium side, ] the laminating of the magnetic-domain control layer for impressing a bias magnetic field to the aforementioned flux guide, and carrying out magnetic-domain control of the aforementioned flux guide.

[Claim 6] The magnetic head characterized by having the magnetoresistance-effect sensor which the aforementioned flux guide and the magnetoresistance-effect film have combined magnetically through an interlayer in a magnetoresistance-effect sensor according to claim 5.

[Claim 7] The magnetic head characterized by having the magnetoresistance-effect sensor by which the laminating of the aforementioned flux guide and the magnetic-domain control layer is carried out to a claim 5 or either of 6 through the interlayer in the magnetoresistance-effect sensor of a publication.

[Claim 8] The magnetic head characterized by for either of 7 having separated into the opposite side side, and allotting it the aforementioned flux guide from the medium side side of the aforementioned magnetoresistance-effect film in the magnetic head of a publication from a claim 1.

[Claim 9] The magnetic head characterized by having followed the opposite side side and being allotted by making the aforementioned flux guide either of 7 from the medium side side of the aforementioned magnetoresistance-effect film in the magnetic head of a publication from a claim 1.

[Claim 10] The magnetic recorder and reproducing device which is the tunneled type magnetoresistance-effect film characterized by providing the following, and is characterized by combining the magnetic domain of both the free layer of the aforementioned tunneled type magnetoresistance-effect film, and the aforementioned flux guide, and having the controllable magnetic head. Magnetoresistance-effect film. The electrode of the couple for passing current in the direction of thickness of the aforementioned magnetoresistance-effect film. It is the free layer in which it has a flux guide for leading the magnetic flux from record intermediation dignity to the aforementioned magnetoresistance-effect film, and the aforementioned magnetoresistance-effect film contains a ferromagnetic layer. A tunnel barrier layer, the fixed bed containing a ferromagnetic layer, and the antiferromagnetism layer that fixes magnetization of the aforementioned fixed bed.

---

[Translation done.]







Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] The invention in this application relates to the magnetic head and a magnetic recorder and reproducing device. Even if it divides, the invention in this application relates to the magnetic recorder and reproducing device which used the tunnel magnetoresistance-effect type magnetic head and this. The magnetic recorder and reproducing device of the invention in this application uses for a computer and an information processor and is useful.

[0002]

[Description of the Prior Art] In connection with the densification of magnetic recording, the high sensitivity magnetic head for reproduction is called for. The magnetoresistance-effect type magnetic head (MR head) which used the anisotropy magnetic-reluctance (AMR) effect for such a use as the reproducing head now is used. NiFe is used for the material of the magnetic force sensor of this MR head. The magnetic-reluctance rate of change of this material is about 2%, and several Gb/inch of realizable recording density is 2. Furthermore, recently, the spin bulb type magnetic head (GMR head) using the huge magnetic-reluctance (GMR) effect also began to be used for a product. This GMR head has the structure whose non-magnetic metal layer was pinched in two ferromagnetic layers. With this structure, high magnetic-reluctance rate of change is obtained with the angle which is made to fix magnetization of one ferromagnetic layer and the magnetization direction of two ferromagnetic layers makes. The resistance rate of change of a GMR head is about 4 - 5%, and the record of dozens Gb(s)/inch two classes of it was also attained. However, in order to raise recording density further from now on, the magnetic head which has bigger magnetic-reluctance rate of change is needed.

[0003] The magnetoresistance-effect film (TMR) using the tunnel magnetoresistance-effect film with which the tunnel barrier layer was inserted between two ferromagnetic layers as a magnetoresistance-effect sensor which has such high magnetic-reluctance rate of change attracts attention. It is regarded as the magnetoresistance-effect film using this tunnel magnetoresistance-effect film being suitable when realizing high-density record. At this TMR, it is reported by the structure where aluminum oxide film was inserted between Fe films that about 18% of big resistance rate of change was obtained at the room temperature. as this report — journal OVUMAGUNETIZUMU and — Magnetic MATERIARUZU (the 139th volume, 231 pages, 1995) can be mentioned. Moreover, to JP,4-103014,A, TMR of the spin bulb type to which the magnetization direction of a ferromagnetic layer was made to fix an antiferromagnetism layer in contact with one ferromagnetic layer is indicated.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In the magnetoresistance-effect sensor which used the tunnel magnetoresistance-effect film, the purpose of the invention in this application suppresses a Barkhausen noise, and is to offer a stable magnetoresistance-effect sensor. Hereafter, the background is explained.

[0005] It has the composition which passes current in the direction of thickness to the magnetoresistance-effect element known conventionally passing current to the film surface inboard of a magnetic film in TMR. It is thought that different magnetic-head structure from the former is needed for realization of this composition. On the other hand, TMR has magnetically the spin bulb structure currently developed conventionally and two similar ferromagnetic layers, and, naturally magnetic control of the ferromagnetic layer of these is needed. Furthermore, in order that current may flow in the direction of thickness, element resistance will be determined in the size of an element.

[0006] For example, with the same hard bias structure as the conventional magnetoresistance-effect element, the hard magnetism film for magnetic-domain control is arranged around an element. When this structure is used by TMR for this reason, current leaks to a hard magnetism film and it becomes difficult to impress current to the magnetic force sensor of TMR correctly. Moreover, an ultra-thin tunnel barrier layer will be exposed to the magnetic force sensor of TMR. Therefore, in order to prevent a short circuit with two ferromagnetic layers in processing of an opposite side, very difficult processing technology is required. Furthermore, if the width of recording track is set to about 0.5 micrometers, resistance of an element will become large extraordinarily with several 100 - k ohms of numbers.

[0007]

[Means for Solving the Problem] In order to solve many conventional problems mentioned above, it is effective to consider as the structure taken back from the opposite side instead of the structure exposed to the conventional opposite side. However, naturally magnetic control of the flux guide for leading magnetic flux to TMR from a medium opposite side in that case in addition to the ferromagnetic layer of the magnetic force sensor of TMR is also needed. The invention in this application solves this problem collectively.

[0008] With the 1st gestalt of the invention in this application, a basic gestalt A magnetoresistance-effect film and the electrode of the couple for passing current in the direction of thickness of the aforementioned magnetoresistance-effect film, The free layer in which it has a flux guide for leading the magnetic flux from record intermediation dignity to the aforementioned magnetoresistance-effect film, and the aforementioned magnetoresistance-effect film contains a ferromagnetic layer, It is the tunneled type magnetoresistance-effect film equipped with a tunnel barrier layer, the fixed bed containing a ferromagnetic layer, and the antiferromagnetism layer that fixes magnetization of the aforementioned fixed bed. And it is the magnetic head characterized by combining the magnetic domain of both the free layer of the aforementioned tunneled type magnetoresistance-effect film, and the aforementioned flux guide, and having a controllable magnetoresistance-effect sensor.

[0009] The example of representation of the invention in this application is the gestalt equipped with the magnetic-domain control layer for applying bias to the aforementioned free layer and the aforementioned flux guide in





the same flat surface, in order to control the free layer of the aforementioned tunnel magnetoresistance-effect film, and the magnetic domain of the aforementioned flux guide.

[0010] In the magnetoresistance-effect sensor equipped with the flux guide for leading the magnetic flux from the electrode and record intermediation dignity of a couple for another example of the invention in this application passing current in the direction of thickness of a magnetoresistance-effect film and the aforementioned magnetoresistance-effect film to the aforementioned magnetoresistance-effect film. The free layer in which the aforementioned magnetoresistance-effect film contains a ferromagnetic layer, and a tunnel barrier layer, It is the tunneled type magnetoresistance-effect film equipped with the fixed bed containing a ferromagnetic layer, and the antiferromagnetism layer which fixes magnetization of the aforementioned fixed bed. The aforementioned magnetoresistance-effect film is formed in the position which is not exposed to a medium side, and the aforementioned flux guide extended from a medium side to its opposite side is touched. It is the magnetic head to which the aforementioned free layer is also characterized by having simultaneously the magnetoresistance-effect sensor in which magnetic-domain control is possible by carrying out the laminating of the magnetic-domain control layer for impressing a bias magnetic field to the aforementioned flux guide, and carrying out magnetic-domain control of the aforementioned flux guide.

[0011]

[Embodiments of the Invention] It precedes explaining many gestalten of operation and the outlines of many main gestalten of the invention in this application are enumerated.

[0012] The basic gestalt was mentioned above with the 1st gestalt of the invention in this application.

[0013] It roughly divides into the method of carrying out magnetic-domain control of a flux guide to the composition of a magnetoresistance-effect sensor, and is divided roughly into two methods. They are with the so-called hard bias structure and the so-called laminated structure. However, it cannot be overemphasized that it can apply when the invention in this application is the magnetoresistance-effect sensor of which structure.

[0014] Although such structures which will be the requisite for the invention in this application are known until now, those features are explained briefly. With hard bias structure, it is arranged in the field as the ends of the flux guide concerned where the method of arranging a magnetic-domain control layer, the so-called flux guide (yoke : yoke), and a magnetic-domain control layer are the same. The magnetic-domain control layer in this case consists of material which has high resistance. Therefore, current will flow only to the field to which predetermined was restricted, namely, will flow to the field of only a predetermined tunneled type magnetoresistance-effect film. On the other hand, in a laminated structure, the laminating of a flux guide and the magnetic-domain control layer is carried out, and they feel and are. In this case, there is a method of carrying out the direct laminating of the magnetic-domain control layer to a flux guide or the method of carrying out the laminating of the magnetic-domain control layer to a flux guide through an interlayer. When carrying out a direct laminating, the flux guide and the magnetic-domain control layer joined together between layers in ferromagnetism, and the direction of magnetization is suitable in parallel. Furthermore, when carrying out the laminating of the magnetic-domain control layer to a flux guide through an interlayer, it is divided into two states depending on how to prepare the interlayer. The 1st flux guide and a magnetic-domain control layer join together between layers in ferromagnetism, and the direction of magnetization is the case where it is suitable in parallel. This structure is similar with the aforementioned laminating type. Or it can be called an aforementioned laminating type changed completely type. The 2nd is the case where magnetostatic combination is being carried out at the edge of a flux guide and a magnetic-domain control layer. Therefore, in this case, the direction of the magnetization within each field with a flux guide and a magnetic-domain control layer serves as anti-parallel. Thus, with the 1st and the 2nd gestalt of the aforementioned laminated structure, how the decision of the direction of magnetization with a flux guide and a magnetic-domain control layer is made differs.

[0015] The main point of the invention in this application is not based on many of such structures, but is in controlling the magnetic domain of a flux guide, and the point of also combining the free layer of a magnetoresistance-effect film and performing magnetic-domain control. Hereafter, the concept is explained.

[0016] Drawing 12 is a conceptual diagram explaining various above-mentioned gestalten, and shows the cross section which shows many examples of arrangement of a flux guide and a magnetic-domain control layer. A cross section is a cross section of the cross direction of a magnetic resistance element. Drawing 12 shows the concept of three typical gestalten. (a) of drawing 12 is the method of arranging a magnetic-domain control layer to the ends of a flux guide. The so-called magnetic-domain control layer 101 of a flux guide 100 is arranged in the same field. (b) of drawing 12 is an example to which the laminating of a flux guide 100 and the magnetic-domain control layer 101 is carried out. In this case, a very thin interlayer may be inserted between a flux guide 100 and the magnetic-domain control layer 101. In these examples, the flux guide and the magnetic-domain control layer joined together between layers in ferromagnetism as mentioned above, and the directions 104 and 105 of both magnetization are suitable in parallel. On the other hand, (c) of drawing 12 is the example to which the laminating of a flux guide 100, and an interlayer 108 and the magnetic-domain control layer 101 was carried out. It is the case where magnetostatic combination is being carried out at the edges 102 and 103 of a flux guide and a magnetic-domain control layer. In this case, the directions 106 and 107 of the magnetization within each field with a flux guide and a magnetic-domain control layer serve as anti-parallel.

[0017] On the other hand, drawing 13 is a cross section for explaining the main point of magnetic-domain control of TMR. Also in these relations, the interlayer 111 may be inserted between the case ((a) of drawing 13) where the direct laminating of a flux guide 100 and the TMR film 110 is carried out, and these. However, in any case, the magnetic combination with a flux guide 100 and the TMR film 110 exists. Therefore, the magnetic domain of the free layer in a TMR film is controlled by controlling the magnetic domain of a flux guide 100. In this way, at the invention in this application, it is collectively controlled by controlling the magnetic domain of a flux guide by the magnetic-domain control film by the magnetic domain of the free layer in a TMR film.

[0018] Based on the above general explanation, many further main gestalten of the invention in this application are enumerated. The electrode of the couple for the 2nd gestalt of the invention in this application passing current in the direction of thickness of a magnetoresistance-effect film and the aforementioned magnetoresistance-effect film, The free layer in which it has a flux guide for leading the magnetic flux from record intermediation dignity to the aforementioned magnetoresistance-effect film, and the aforementioned magnetoresistance-effect film contains a ferromagnetic layer, The magnetic-domain control layer for being the tunneled type magnetoresistance-effect film equipped with a tunnel barrier layer, the fixed bed containing a ferromagnetic layer, and the antiferromagnetism layer that fixes magnetization of the aforementioned fixed bed, and impressing a bias magnetic field to the free layer of the aforementioned magnetoresistance-effect film, The magnetic-domain control layer for impressing a bias magnetic field



to the aforementioned flux guide is the magnetic head characterized by having the magnetoresistance-effect sensor currently formed in the same flat surface. This 2nd gestalt is a method by which the magnetic-domain control layer has been arranged to the ends of a flux guide.

[0019] The 3rd gestalt is more practical. That is, by the magnetoresistance-effect sensor in this case, the aforementioned magnetoresistance-effect film is formed in the position which is not exposed to a medium side, the aforementioned flux guide extended from a medium side to its opposite side is touched, and the magnetic-domain control layer is formed in the both ends of the direction of the width of recording track of the aforementioned magnetoresistance-effect film and a flux guide.

[0020] The 4th gestalt is an example from which the aforementioned flux guide is separated into its medium side [ of the aforementioned magnetoresistance-effect film ], and opposite side side.

[0021] The 5th gestalt is the magnetic head characterized by the aforementioned flux guide having the magnetoresistance-effect sensor currently continuously formed from the medium side side of the aforementioned magnetoresistance-effect film to the opposite side.

[0022] The 6th gestalt is the magnetic head characterized by having the magnetoresistance-effect sensor by which the interlayer is stationed between the free layers of a magnetoresistance-effect film, and the aforementioned flux guide and the aforementioned free layer are magnetically combined through the interlayer the aforementioned flux guide and the first half.

[0023] The 7th gestalt is the magnetic head characterized by having the magnetoresistance-effect sensor by which the aforementioned flux guide consists of a high resistance soft-magnetism layer.

[0024] The gestalt of the octavus is the magnetic head characterized by having the aforementioned magnetic-reluctance resistance effect film and the magnetoresistance-effect sensor by which the aforementioned flux guide is formed through the insulating layer.

[0025] The 9th gestalt is the magnetic head characterized by having the magnetoresistance-effect sensor by which the aforementioned magnetic-domain control layer is formed over the aforementioned magnetoresistance-effect film and the aforementioned flux guide.

[0026] The 10th gestalt is the magnetic head characterized by having the magnetoresistance-effect sensor by which the aforementioned magnetic-domain control layer is formed over the aforementioned magnetoresistance-effect film and the aforementioned flux guide through the insulating layer.

[0027] The 11th gestalt is the magnetic head characterized by having the magnetoresistance-effect sensor by which the aforementioned magnetic-domain control layer comes to have an oxide compound.

[0028] The 12th gestalt is the example of the gestalt of the laminated structure which already touched. The aforementioned magnetoresistance-effect film is formed in the position which is not exposed to a medium side, the main point of this example touches the aforementioned flux guide extended from a medium side to its opposite side, and the laminating of the magnetic-domain control layer for impressing a bias magnetic field to the aforementioned flux guide is carried out. In this case, magnetic-domain control also of the aforementioned free layer is simultaneously carried out by carrying out magnetic-domain control of the aforementioned flux guide. In the magnetoresistance-effect sensor equipped with the flux guide for leading the magnetic flux from the electrode and record intermediation dignity of a couple for passing current in the direction of thickness of a magnetoresistance-effect film and the aforementioned magnetoresistance-effect film, if structure is shown more concretely to the aforementioned magnetoresistance-effect film The free layer in which the aforementioned magnetoresistance-effect film contains a ferromagnetic layer, and a tunnel barrier layer, It is the tunneled type magnetoresistance-effect film equipped with the fixed bed containing a ferromagnetic layer, and the antiferromagnetism layer which fixes magnetization of the aforementioned fixed bed. The aforementioned magnetoresistance-effect film is formed in the position which is not exposed to a medium side, and the aforementioned flux guide extended from a medium side to its opposite side is touched. It is the magnetic head to which the aforementioned free layer is also characterized by having simultaneously the magnetoresistance-effect sensor in which magnetic-domain control is possible by carrying out the laminating of the magnetic-domain control layer for impressing a bias magnetic field to the aforementioned flux guide, and carrying out magnetic-domain control of the aforementioned flux guide.

[0029] the 13th gestalt — the [ aforementioned ] — in the magnetoresistance-effect sensor of the 12th gestalt, it is the magnetic head characterized by having the magnetoresistance-effect sensor which the aforementioned flux guide and the magnetoresistance-effect film have combined magnetically through an interlayer

[0030] The 14th gestalt is the magnetic head characterized by having the magnetoresistance-effect sensor by which the laminating of the aforementioned flux guide and the magnetic-domain control layer is carried out through the interlayer in the above 12th and the 13th magnetoresistance-effect sensor.

[0031] In the above-mentioned structure, the aforementioned flux guide and the magnetic-domain control layer are combined magnetically. Therefore, when a magnetic-domain control layer controls the magnetic domain of a flux guide, the magnetic domain of the free layer of a magnetoresistance-effect film is controlled collectively.

[0032] The 15th gestalt is the magnetic head characterized by having the magnetoresistance-effect sensor by which the aforementioned flux guide is separated into its medium side [ of the aforementioned magnetoresistance-effect film ], and opposite side side from the above 12th in the 14th magnetoresistance-effect sensor. This example is a more practical gestalt.

[0033] The 16th gestalt is the magnetic head characterized by having the magnetoresistance-effect sensor by which the aforementioned flux guide is continuously formed in the 14th in the magnetoresistance-effect sensor of a publication from the medium side side of the aforementioned magnetoresistance-effect film to the opposite side from the above 12th.

[0034] The 17th gestalt is the magnetic head characterized by having the magnetoresistance-effect sensor by which the aforementioned flux guide comes to have a high resistance soft-magnetism layer in the 16th magnetoresistance-effect sensor from the above 12th.

[0035] The record reproducing head can be constituted using the various magnetoresistance-effect sensors enumerated so far as a reproduction element. Furthermore, such the record reproducing head can be carried and a magnetic recorder and reproducing device can be constituted. These record reproducing heads or magnetic recorder and reproducing devices have a small signal noise enough. Therefore, the record reproducing head or the magnetic-reproducing recording device concerning the invention in this application can obtain the record reproducing characteristics stabilized extremely.

[0036] The basic composition of the magnetic-reluctance type reproducing head itself is a usual thing, and is enough.





That is, up magnetic shielding which consists of the magnetic-reluctance type element, the up layer insulation film, and the magnetic substance which detect a magnetic field by lower magnetic shielding and the lower layer insulation film with which the typical gestalt consists of the magnetic substance, and the magnetoresistance effect is formed on the substrate.

[0037] The perspective diagram of the principal part of the magnetic-recording reproducing head which the invention in this application requires for drawing 10 is shown. If it bases and states to the example of drawing 10, magnetic-disk 53 sliding surface will be countered and the magnetic-recording reproducing head will be allotted. In addition, 64 in drawing shows the state of the magnetic recording in the record medium of a magnetic disk as a model. A slider 61 constitutes a substrate and a magnetoresistance-effect element is arranged at this upper part. That is, the magnetoresistance-effect film (TMR film) 13 is carried in the low  $r$  magnetic shielding 65. And the lower magnetic core 66 is allotted through an insulator layer 67. The reproducing head 13 is pinched between the 1st shield 67 and the 2nd shield film 65, intercepts the disclosure magnetic field from the circumference, and has structure which made only the information directly under a target easy to reproduce. In addition, this lower magnetic core 66 has the role which served as the electrode in the up magnetic-shielding row. Furthermore, on both sides of an exiting coil 63, the up magnetic core (recording head) 62 is allotted. The laminating of the 1st magnetic pole 66, an insulator layer, and the 2nd magnetic pole (record magnetic pole) 62 was carried out for while, and a field constitutes a sliding surface. The aforementioned insulator layer constitutes a record gap.

[0038] Outline explanatory drawing of the example of the magnetic recorder and reproducing device which the invention in this application requires for drawing 7 is shown. The magnetic disk 53 with which information was recorded is rotated by the spindle motor 54. The sliding surface of this magnetic disk 53 is countered, and a slider 55 is allotted. The magnetic-recording reproduction section is built in this slider 55. And this magnetic-recording reproduction section etc. is controlled by the signal-processing section 57. Electric control systems, such as for example, data reproduction and a decode system, or a mechanism control system, etc. are dedicated to the signal-processing section 57. The mechanism control system, the slider, etc. are connected to the actuator 56. In addition, electric systems, such as signal processing of such a magnetic recorder and reproducing device and a roll control, are fundamentally enough using a Prior art. Here, the detailed explanation is omitted.

[0039] Gestalt 1 drawing 1 of operation is the perspective diagram of the principal part of the magnetoresistance-effect sensor 20 which is the 1st example. As shown in drawing 1, the lower magnetic-shielding film 11, the lower gap film 12, the tunnel magnetoresistance-effect film (this film is hereafter called a TMR film (TunnelingMagnetoresistive Layer)) 13, a flux guide 14, the magnetic-domain control film 15, the up gap film 16, and the lower [an up magnetic-shielding film-cum-] magnetic core 17 are formed one by one on a substrate 10. As usually shown in drawing, the up magnetic-shielding film 17 and the lower magnetic-shielding film 11 have the drawer electrode-terminal section 18, respectively, and serve as the electrode for passing current in the direction of thickness of the TMR film 13. The detail of the cross section of this magnetoresistance-effect sensor is shown in drawing 2 A and drawing 2 B.

[0040] If the direction of a magnetoresistance-effect sensor is defined as the direction 101 of the width of recording track, the element height direction 102, and the magnetic-head driving direction 103, the cross section in Line A and Line B in drawing shows the cross section parallel to the element height direction 102 and the direction 101 of the width of recording track, respectively. Drawing 2 A shows a cross section parallel to the element height direction 102 of the above-mentioned magnetoresistance-effect sensor 20, and drawing 2 B shows a cross section parallel to the direction 101 of the width of recording track. Drawing 11 is the plan of the magnetoresistance-effect sensor 20. The lower magnetic-shielding film 11 and the lower gap film 12 are formed on the substrate 10 at the desired configuration. The TMR film 13 is arranged in the position which is distant from a surfacing side to the part on the lower gap film 12. And it runs aground at the edge of this TMR film 13, and from the surfacing side side, 1 set of flux guides 14 are extended in the element height direction (102), and are arranged in it. A flux guide 14 is a soft-magnetism film which guides the magnetic flux from a medium to the TMR film 13. Specifically, it has the ground film 21, the antiferromagnetism film 22, the 1st ferromagnetic (the fixed bed is called) 23, the tunnel barrier layer 24, and the 2nd ferromagnetic (a free layer is called) 25 sequentially from the bottom, and this TMR film 13 is constituted. the magnetization within a field of the free layer 25 and the fixed bed 23 is turned in the direction to which was mutual-resembled, was received in the state where the external magnetic field is not impressed, and it inclined 90 degrees. With the antiferromagnetism film 22, as for the fixed bed 23, magnetization is being fixed in the desirable direction. In the meaning that the magnetization within this field is being fixed, the 1st ferromagnetic 23 of the above is called the fixed bed. On the other hand, magnetization of the free layer 25 rotates freely by the magnetic field which passes along a flux guide 14 from a medium. And resistance change arises by rotation of this magnetization, and the output of the element concerned occurs. In the meaning that the magnetization within this field rotates freely, the 2nd ferromagnetic 25 of the above is called a free layer.

[0041] The flux guide 14 is arranged at the both-sides section of the direction where the magnetic-domain control film 15 intersects the both-sides section which met in the sliding direction of the TMR film 13 at the sliding surface 200 of the TMR film 13 so that drawing 11 may see.

[0042] In order that the current which flows on the TMR film 13 may not leak to a flux guide 14 and the magnetic-domain control film 15 with the gestalt of this operation, \*\*\*\*\* must also be high resistance from the TMR film 13.

[0043] As shown in drawing 2 B, the magnetic-domain control film 15 is arranged at both the sides of the direction 101 of the width of recording track of the TMR film 13 and a flux guide 14, respectively so that it may run aground to both ends. The magnetic-domain control film 15 is a ferromagnetic which adds a bias magnetic field, in order to suppress generating of the magnetic domain of a flux guide 14 and the free layer 25.

[0044] On the TMR film 13, the flux guide 14 which is superimposed in part by this and formed in it, and the magnetic-domain control film 15, the up gap film 16 and the up magnetic-shielding film 17 are formed. The aforementioned up gap film 16 is in contact with the TMR film 13 only in the portion of a breakthrough 19. The both sides of this breakthrough 19 consist of an aforementioned flux guide 14 and an aforementioned magnetic-domain control film 15. The aforementioned lower magnetic-shielding film 11 and the up magnetic-shielding film 17 have the drawer electrode-terminal section 18, respectively. Connection of this electric terminal performs impression of current, and detection of a reproduction output. if current is passed in the electrode-terminal section 18 — current — a breakthrough 19 — \*\* — it flows only on the TMR film 13 later on

[0045] Next, the example of various kinds of material is explained concretely.



[0046] Although lower magnetic-shielding film 11 the very thing is enough, if the material suitable for this can be smelled using a usual material, it can raise Co system amorphous alloy, a NiFe alloy, a FeAlSi alloy, or CoNiFe alloys, such as CoNbZr, etc. The thickness of the lower magnetic-shielding film 11 is 1-5 micrometers in general. Although up magnetic-shielding film 17 the very thing is enough, if the material suitable for this can be smelled using a usual material, it can raise the ferromagnetic alloy film containing semimetals, such as a multilayer of a ferromagnetic besides a NiFe alloy or a CoNiFe alloy, and an oxide, B, and P, etc. Besides, the section magnetic-shielding film 17 can make the lower core of the record magnetic head serve a double purpose.

[0047] Since the lower gap film 12 turns into a ground film of the TMR film 13, as for the front face, it is desirable [ the film ] smooth and that it is a pure side so that the property of the TMR film 13 may serve as stability and high resistance variation. If the material suitable for the lower gap film 12 can be smelled, the multilayer structure which consists of Ta, Nb, Ru, Mo, Pt, Ir, the alloy containing these elements or an alloy with W, Cu, and aluminum, and a further different element, for example can be raised. Examples of the multilayer structure which consists of an element different the account of before are Ta/Pt/Ta and Ta/Cu/Ta. It cannot be overemphasized that the laminating of the various aforementioned elements can be used.

[0048] Moreover, the multilayer structure which consists of the element which carried out [ aforementioned ] listing, for example, Ta, Nb, Ru, Mo, Pt, and Ir, the alloy containing these elements or an alloy with W, Cu, and aluminum, and a further different element as a lower gap film 12, and a laminated structure with a ferromagnetic material can also be used. This example is Ta/NiFe. The thickness of this lower gap film 12 is 3nm - 30nm in general. Usually, the thickness of this lower gap film 12 is set as a request with the interval of the lower magnetic-shielding film 11 and the up magnetic-shielding film 17. material with the up gap film 16 as of the same kind as the above-mentioned lower gap film 12 — or it is formed with Au, aluminum, etc. The ground film 21 is for enlarging the joint magnetic field of the antiferromagnetism film 22. If the example of the material suitable for the ground film 21 can be smelled, Ta, NiFe(s), or the cascade-screen Ta/NiFe can be raised.

[0049] If the example of the material suitable for the antiferromagnetism film 22 can be smelled, MnIr, MnPt, FeMn, a CrMn system alloy, MnPtPd, a NiMn system alloy, etc. can be raised.

[0050] the monolayer structure where the fixed bed 23 and the free layer 25 consist of ferromagnetism of a NiFe alloy, Co alloy, a CoFe alloy, or a CoNiFe alloy — or it is formed by the multilayer structure of the above-mentioned ferromagnetic etc. The multilayer structure of the aforementioned ferromagnetic can use two or more layers, for example, two-layer, or three etc. layers. The example of the multilayer structure of the aforementioned ferromagnetic is CoFe/NiFe or CoFe/NiFe/CoFe. Moreover, the laminated structure of a ferromagnetic and a non-magnetic layer can also be used as multilayer structure of the aforementioned ferromagnetic. The examples of the laminated structure of a ferromagnetic and a non-magnetic layer are Co/Ru/Co, CoFe/Ru/CoFe, etc. Many multilayer structure of these ferromagnetics is effective because of suppression of the diffusion prevention by the interface, and anisotropy distribution. The thickness of the ground film 21 is [ 2nm - 25nm, the fixed bed 23, and the free layer 25 of 3nm - 10nm and the antiferromagnetism film 22 ] 1nm - 10nm in general.

[0051] The cascade screen of various insulator layers, for example, an oxide layer, or nitride layers, and many of such material etc. can be used for the example of the tunnel barrier layer 24. If the example of the tunnel barrier layer 24 can be smelled, the laminated structure which sandwiched the ferromagnetic can be raised with monolayers, such as aluminum-O, Si-O, and Ta-O, or the cascade screen of such material, for example. The example of this laminated structure is aluminum-O/Co/aluminum-O. The production method of many of these oxides may be formed directly, and may be oxidized by the inside of oxygen atmosphere, or plasma. For example, the example forms a metal membrane, for example, aluminum film, and oxidizes it. The thickness of the tunnel barrier layer 24 is as ultra-thin as 0.5nm - 3.0nm in general. A flux guide 14 is a field it is made for the current which flows from the up gap film 16 not to leak to the lower gap film 12. if the material suitable for the flux guide 14 can be smelled — high — multilayer structure with a soft-magnetism film [ \*\*\*\* ], for example, ferromagnetic material, and an insulating material can be raised If the example of the multilayer structure of ferromagnetic material and an insulating material is given, CoFe/aluminum2O3/CoFe, or CoFe/SiO2/CoFe can be raised. The thickness of a flux guide 14 may be 5nm - 15nm in general. the aforementioned quantity — if the example of a soft-magnetism film [ \*\*\*\* ] is hung up, they will be MnZnFe 2O3, NiZnFe 2O3, FeSiO, CoAlO, etc. Furthermore, these cascade screens can also be used.

[0052] The magnetic-domain control film 15 is also the field made to be the same as that of the above-mentioned flux guide 14 for the current which flows from the up gap 16 not to leak to the lower gap film 12. If the material suitable for the flux guide 14 can be smelled, the material 2O3 of high resistance, for example, Fe, Fe3O4, NiO, CoO, etc. can be raised. The thickness of a flux guide 14 is 10nm - 30nm in general.

[0053] Next, the production method of the above-mentioned magnetoresistance-effect sensor 20 is explained.

[0054] First, after forming the lower magnetic-shielding film 11 with the sputtering method or plating on a substrate 10, the lower gap film 12 is formed by the sputtering method. After carrying out ion cleaning of the front face of the lower gap film 12, the film for forming the ground film 21, the antiferromagnetism film 22, the fixed bed 23, and the tunnel barrier layer 14 of the TMR film 13 by the sputtering method is formed continuously in order. Then, natural oxidation is carried out in the oxygen atmosphere of dozens Torr(s) for dozens minutes, without breaking a vacuum, and the tunnel barrier layer 24 is produced. Furthermore, the free layer 25 is formed in this upper part. In this way, the TMR film 13 concerning the invention in this application is formed.

[0055] Then, a resist film is formed in the upper part of the aforementioned TMR film at a request configuration, and, subsequently to a predetermined configuration, the TMR film 13 is processed by ion milling. After carrying out ion cleaning of the front face of the TMR film 13 lightly, a flux guide 14 is formed with the sputtering method or plating, without removing a resist, and a resist is removed. The TMR film 13 of a request configuration and the film for flux-guide 14 are formed according to this process, i.e., the so-called lift-off method. Furthermore, a resist is formed on the TMR film 13 and a flux guide 14 at a predetermined configuration, the magnetic-domain control film 15 is processed by the sputtering method, and the lift off of the resist is carried out. The up gap film 16 is formed by the sputtering method or the vacuum deposition. Finally the up magnetic-shielding film 17 is formed with the sputtering method or plating, and the magnetoresistance-effect sensor 20 as shown in drawing 2 is completed.

[0056] Moreover, in this example, the laminating of the TMR film 13 is carried out to order from the bottom with the ground film 21, the antiferromagnetism film 22, the 1st ferromagnetic (fixed bed) 23, the tunnel barrier layer 24, and the 2nd ferromagnetic (free layer) 25. However, this TMR film can also carry out a laminating from the bottom contrary to the 2nd ferromagnetic layer (free layer) 25, the tunnel barrier layer 24, the 1st ferromagnetic layer (fixed bed) 23, and the antiferromagnetism layer 22. However, the ground layer 21 is formed for the purpose for improving the magnetic



properties of the free layer 25 in this case. Moreover, in order to have to make a flux guide 14 adjoin the free layer 25, it is formed in the TMR film 13 bottom.

[0057] The reproducing head was produced using the above-mentioned magnetoresistance-effect sensor 20, and reproducing characteristics were measured. Consequently, the good and stable reproduction output was obtained and neither noises, such as a Barkhausen noise, nor waveform distortion, such as a base-line shift, were also seen. In addition, the vertical asymmetry of a regenerative signal was about  $\pm 5\%$ , and was level which does not become a problem practically.

[0058] Gestalt 2 drawing 3 A and drawing 3 B of operation are the cross section of the magnetoresistance-effect sensor 30 which is the 2nd example respectively. Drawing 3 A shows a cross section parallel to the element height direction 102, and drawing 3 B shows a cross section parallel to the direction 101 of the width of recording track. These cross sections are the same as that of what showed how to cut the cross section of a magnetoresistance-effect sensor to drawing 1. In the composition of drawing 3 A and drawing 3 B, the same sign is attached about the same layer and same film as drawing 2 A and drawing 2 B.

[0059] The magnetoresistance-effect sensor 30 of drawing 3 A and drawing 3 B differing from the magnetoresistance-effect sensor 20 of drawing 2 A and drawing 2 B is that the insulator layer 31 is formed in the upper and lower sides or one of the flux guides 14. Therefore, in the following explanation, only different many points are explained and explanation of other members is omitted. Other structures, material selection, etc. constitute like what was stated to the gestalt 1 of operation and are enough.

[0060] With such structure, leak of the current from the up gap film 16 to the lower gap film 12 can be prevented through a flux guide 14. For this reason, in this example, a flux guide 14 does not necessarily need to be formed with the material of high resistance. Therefore, metals, such as a NiFe alloy, a CoNiFe alloy, and a FeSiAl alloy, and the charge of an alloy can also be used as a flux guide 14. As a material of an insulator layer 31, the mixture of aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, or aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and SiO<sub>2</sub> etc. is a suitable material. The thickness of an insulator layer 31 considers pressure-proofing, and is at least 10nm or more need.

Gestalt 3 drawing 4 A and drawing 4 B of operation are the cross section of the magnetoresistance-effect sensor 30 which is the 2nd example respectively. Drawing 4 A shows a cross section parallel to the element height direction 102, and drawing 4 B shows a cross section parallel to the direction 101 of the width of recording track. These cross sections are the same as that of what showed how to cut the cross section of a magnetoresistance-effect sensor to drawing 1. In the composition of drawing 4 A and drawing 4 B, the same sign is attached about the same layer and same film as drawing 2 A and drawing 2 B.

[0061] The magnetoresistance-effect sensor 32 of drawing 4 A and drawing 4 B differing from the magnetoresistance-effect sensor 20 of drawing 2 is that the insulator layer 33 is formed in the upper and lower sides or one of the magnetic-domain control films 15. Therefore, in the following explanation, only different many points are explained and explanation of other members is omitted. Other structures, material selection, etc. constitute like what was stated to the gestalt 1 of operation and are enough.

[0062] With such structure, leak of the current from the up gap film 16 to the lower gap film 12 can be prevented through the magnetic-domain control film 15. For this reason, in this example, the magnetic-domain control film 15 does not necessarily need to be formed with the material of high resistance. As a material of the magnetic-domain control film 15, hard magnetic materials, such as antiferromagnetism material, such as MnIr, MnPt, FeMn, a CrMn system alloy, MnPtPd, and a NiMn system alloy, or a CoCrPt alloy, etc. can be used. In this case, in order to enlarge such joint magnetic fields and holding power, you may form the ground film 34 in the bottom of the magnetic-domain control film 15. Ta, Nb, Ru, Hf, NiFe, Cr(s), and these laminated structures, for example, Ta/NiFe, are used for the ground film 34. The material of an insulator layer 33 is material with the suitable mixture of aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, or aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and SiO<sub>2</sub> etc. The thickness of 2nm - 10nm and an insulator layer 33 considers pressure-proofing, and the thickness of the ground film 34 is at least 10nm or more need.

[0063] Form 4 drawing 5 A and drawing 5 B of operation are the cross section of the magnetoresistance-effect sensor 35 which is the 4th example respectively. Drawing 5 A shows a cross section parallel to the element height direction, and drawing 5 B shows a cross section parallel to the direction of the width of recording track. These cross sections are the same as that of what showed how to cut the cross section of a magnetoresistance-effect sensor to drawing 1. In the composition of drawing 5 A and drawing 5 B, the same sign is attached about the same layer and same film as drawing 2 A and drawing 2 B.

[0064] The magnetoresistance-effect sensor 35 of drawing 5 A and drawing 5 B differing from the magnetoresistance-effect sensor 20 of drawing 2 is that the flux guide 14 followed the opposite side, and is extended from the medium side of the TMR film 13, and the interlayer 36 is formed between the free layer 26 of the TMR film 13, and a flux guide 14. In this case, the flux guide 14 and the free layer 26 are combined ferromagnetism-wise or in diamagnetism through the interlayer 36. In this example, Ru of 0.5nm - 1nm of thickness was used for the interlayer 36.

[0065] Therefore, in the following explanation, only different many points are explained and explanation of other members is omitted. Other structures, material selection, etc. constitute like what was stated to the form 1 of operation and are enough.

[0066] Form 5 drawing 6 A and drawing 6 B of operation are the cross section of the magnetoresistance-effect sensor 37 which is the 4th example respectively. Drawing 6 A shows a cross section parallel to the element height direction, and drawing 6 B shows a cross section parallel to the direction of the width of recording track. These cross sections are the same as that of what showed how to cut the cross section of a magnetoresistance-effect sensor to drawing 1. In the composition of drawing 6 A and drawing 6 B, the same sign is attached about the same layer and same film as drawing 2 A and drawing 2 B.

[0067] By the magnetoresistance-effect sensor 37 shown in drawing 6 A and drawing 6 B, the laminating of the flux guide 14 is carried out to the upper part of the magnetic-domain control film 15. Moreover, it is extended and formed from the medium side of the TMR film 13 succeeding the opposite side. Here, a flux guide 14 may be directly formed on the magnetic-domain control film 15, and may be formed through the 1st interlayer 38 for adjusting combination.

[0068] Moreover, it is also possible to form the 2nd interlayer 36 between the free layer 26 of the TMR film 13 and a flux guide 14. In this case, the flux guide 14 and the free layer 26 are magnetically combined through the interlayer 36. The magnetic domain of the free layer 26 is also simultaneously controllable by the magnetic-domain control film 15 controlling the magnetic domain of a flux guide 14 with this composition.

[0069] Form 6 drawing 8 of operation is the perspective diagram of the magnetoresistance-effect sensor of the form 6



of operation.

[0070] The ground film 41, a protective coat 42, the TMR film 43, the 1st flux guide 44, the magnetic-domain control film 45, the insulating gap film 48, and the 2nd flux guide 49 are formed on the substrate 40. The ground film 41 and the 2nd flux guide 49 have the drawer electrode-terminal section 50, respectively. This drawer electrode-terminal section 50 serves as the electrode for passing current in the direction of thickness of the TMR film 43.

[0071] If the direction of a magnetic magnetoresistance-effect sensor is defined as the direction 101 of the width of recording track, the element height direction 102, and the magnetic-head driving direction 103, A and B in drawing show the cross section parallel to the element height direction 102 and the direction 101 of the width of recording track, respectively.

[0072] Drawing 9 A shows a cross section parallel to the element height direction 102 of the above-mentioned magnetoresistance-effect sensor 39, and drawing 9 B shows a cross section parallel to the direction 101 of the width of recording track.

[0073] In this example, the ground film 41 is formed on the substrate 40 at the predetermined configuration. The TMR film 43 is arranged in the position distant from the surfacing side on the ground film 41. In this example, the protective coat 42 is formed so that it may not run aground at the edge of the TMR film 43. The composition of the TMR film 43 is the same composition as the TMR film 13 shown in drawing 2.

[0074] Furthermore, it is formed in order of a lower shell, and on the TMR film 43, in the element height direction 102, the 1st interlayer 46, 1st flux guide 44, 2nd interlayer 47, and magnetic-domain control film 45 are continued and extended, and are arranged from the surfacing side side. The 1st flux guide 44 is a soft-magnetism film which guides the magnetic flux from a medium to the TMR film 43, and is magnetically combined with the TMR film 43 through the 1st interlayer 46. In order to suppress generating of the magnetic domain of the free layer 25 of a flux guide 14 and a TMR film, the magnetic-domain control film 45 is a ferromagnetic which adds a bias magnetic field, and changes the size by the 2nd interlayer 47. On the TMR film 43, the flux guide 44, and the magnetic-domain control film 45, the insulating gap film 48 is arranged so that these may be surrounded. Furthermore on the insulating gap film 48, the 2nd flux guide 49 is arranged. The 1st flux guide 44 and 2nd flux guide 49 are in contact with the surfacing side by the opposite side 51. Moreover, the 2nd flux guide 49 and ground film 41 have the drawer electrode-terminal section 50, respectively, and perform impression of current, and detection of a reproduction output by connection of an electric terminal. If current is passed in these electrode-terminal sections 50, it will pass and flow through a connection 51 in the direction of thickness of the 1st flux guide 44 and the TMR film 43 from the 2nd flux guide 49.

[0075] Next, various kinds of material is explained.

[0076] As for the ground film 41, it is desirable that the front face is smooth and that it is a pure side, and it is formed with the lower gap film 12 of an example 1 (drawing 2), and a material of the same kind so that the property of the TMR film 43 may serve as stability and high resistance variation. The thickness of this ground film 41 is 3-30nm.

[0077] since the 1st and 2nd flux guides 44 and 49 serve as the electrode — low — it is formed with a soft-magnetism film [ \*\*\*\* ], for example, a NiFe alloy, a CoNiFe alloy, and a FeSiAl alloy Thickness is 5-20nm. A protective coat 42 and the insulating gap film 48 are formed by aluminum 2O3, SiO2 and aluminum 2O3, and SiO2. Thickness considers pressure-proofing and is at least 20nm or more need. In addition, the 1st and 2nd interlayers 46 and 47, the magnetic-domain control film 45, and the TMR film 43 are formed with what was explained in the examples 1-5, and a material of the same kind.

[0078] In this example, although the laminating is carried out to order from the bottom with the ground film 41, the TMR film 43, the 1st flux guide 44, the insulating gap film 46, and the 2nd flux guide, it is also possible to carry out a laminating conversely. Moreover, in this example, although the electrode-terminal section 50 is arranged at the 2nd flux guide 49, you may prepare in the 1st flux guide 44. Furthermore, by the magnetoresistance-effect sensor currently formed of two flux guides, the 1st and the 2nd, like this example, you may carry out magnetic-domain control of both the 1st and 2nd flux guides.

[0079] Although it is the structure where the laminating of the flux guide 44 was carried out to the magnetic-domain control film 45, in this example, the structure shown in the examples 1-4 is also applicable to an example 6.

[0080] The reproducing head was produced using the above-mentioned magnetoresistance-effect sensor 39, and reproducing characteristics were measured. Consequently, the good and stable reproduction output was obtained and neither noises, such as a Barkhausen noise, nor waveform distortion, such as a base-line shift, were also seen. In addition, the vertical asymmetry of a regenerative signal was about 5%, and was level which does not become a problem practically.

[0081] Gestalt 7 drawing 7 of operation expresses the outline of the magnetic disk unit equipped with the magnetoresistance-effect sensor 20 which applied this invention. The record medium which consists of a CoCrPt system alloy film has accumulated on the front face of the magnetic disks 53, such as a metal which carries out high-speed rotation by the spindle motor 54, or a glass disk, by the spatter. With this equipment, the thin film magnetic head formed on the chip (slider) 55 of the ceramics which surface in response to the airstream accompanying rotation of a disk can be used, and a digital signal can be recorded and reproduced on a record medium. The example of the thin film magnetic head consists of an induction-type recording head which consists of a magnetic pole of a NiFe system alloy, and a coil of Cu, and the yoke type magnetic head of example 1 publication.

[0082] Furthermore, the chip of the above-mentioned ceramics is attached in the working arm, and an arm can be substantially moved now to radial with the actuator 56 equipped with the voice coil motor. Therefore, the thin film magnetic head can be mostly accessed all over a disk. Moreover, on a record medium, the servo signal which specifies the truck position other than a record signal is, and a head can be positioned with high precision with a closed loop control by feeding back the servo signal which the reproducing head reproduced to an actuator. Moreover, it also has the data signal record, the reversion system 57, and the electrical circuit system 58 which process a regenerative signal and a servo signal or control a mechanism system. With this equipment, high recording density was able to be attained by using the thin film magnetic head indicated previously. As a result, small and mass equipment were realizable.

[0083] Moreover, although the equipment which has one disk here was indicated, it is clear that the same effect is acquired also with equipment with the disk of two or more sheets.

[0084]

[Effect of the Invention] By the invention in this application, in the yoke type magnetoresistance-effect sensor using the tunnel magnetoresistance-effect film, a Barkhausen noise can be suppressed and a stable magnetoresistance-effect sensor can be offered.





[illegible]



\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

### [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] Drawing 1 is the perspective diagram of the magnetoresistance-effect sensor concerning the 1st example of this invention.

[Drawing 2 A] Drawing 2 A is the cross section of the height direction of the magnetoresistance-effect sensor concerning the 1st example of this invention.

[Drawing 2 B] Drawing 2 B is the cross section of the direction of the width of recording track of the magnetoresistance-effect sensor concerning the 1st example of this invention.

[Drawing 3 A] Drawing 3 A is the cross section of the height direction of the magnetoresistance-effect sensor concerning the 2nd example of this invention.

[Drawing 3 B] Drawing 3 B is the cross section of the direction of the width of recording track of the magnetoresistance-effect sensor concerning the 2nd example of this invention.

[Drawing 4 A] Drawing 4 A is the cross section of the height direction of the magnetoresistance-effect sensor concerning the 3rd example of this invention.

[Drawing 4 B] Drawing 4 B is the cross section of the direction of the width of recording track of the magnetoresistance-effect sensor concerning the 3rd example of this invention.

[Drawing 5 A] Drawing 5 A is the cross section of the height direction of the magnetoresistance-effect sensor concerning the 4th example of this invention.

[Drawing 5 B] Drawing 5 B is the cross section of the direction of the width of recording track of the magnetoresistance-effect sensor concerning the 4th example of this invention.

[Drawing 6 A] Drawing 6 A is the cross section of the height direction of the magnetoresistance-effect sensor concerning the 4th example of this invention.

[Drawing 6 B] Drawing 6 B is the cross section of the direction of the width of recording track of the magnetoresistance-effect sensor concerning the 4th example of this invention.

[Drawing 7] Drawing 7 is drawing which illustrates the composition of the magnetic recorder and reproducing device by this invention.

[Drawing 8] Drawing 8 is the perspective diagram of another example of the magnetoresistance-effect sensor by this invention.

[Drawing 9 A] Drawing 9 A is the cross section of the height direction of the magnetoresistance-effect sensor of another example concerning this invention.

[Drawing 9 B] Drawing 9 B is the cross section of the direction of the width of recording track of the magnetoresistance-effect sensor of another example concerning this invention.

[Drawing 10] Drawing 10 is the perspective diagram showing the composition of the magnetic recorder and reproducing device by this invention.

[Drawing 11] Drawing 11 is the plan of the magnetoresistance-effect sensor concerning the 1st example of this invention.

[Drawing 12] Drawing 12 is the cross section showing many examples of arrangement of a flux guide and a magnetic-domain control layer.

[Drawing 13] Drawing 13 is a cross section explaining the main point of magnetic-domain control of TMR.

### [Description of Notations]

13 43 .. A tunnel magnetoresistance-effect film, 25 .. Ferromagnetic (free layer), 24 [ .. Antiferromagnetism film, ] .. A tunnel barrier layer, 23 .. A ferromagnetic (fixed bed), 22 21, 34, 42 [ .. Lower magnetic-shielding film, ] .. 10 A ground film, 40 .. A substrate, 11 12 [ .. Magnetic-domain control film, ] .. A lower gap film, 14, 44, 49 .. 15 A flux guide, 45 16 [ .. Electrode-terminal section, ] .. An up gap film, 17 .. 18 An up magnetic-shielding film, 50 19 [ .. Interlayer, ] .. 31 A through hole, 33 .. An insulator layer, 36, 38, 46, 47 48 [ .. A magnetoresistance-effect sensor, 52 / .. A magnetic recorder and reproducing device, 53 / .. A magnetic disk, 54 / .. A spindle motor, 55 / .. A slider, 56 / .. An actuator, 57 / .. Digital disposal circuit ] .. An insulating gap film, 42 .. A protective coat, 20, 30, 32, 35, 37, 39

---

[Translation done.]

